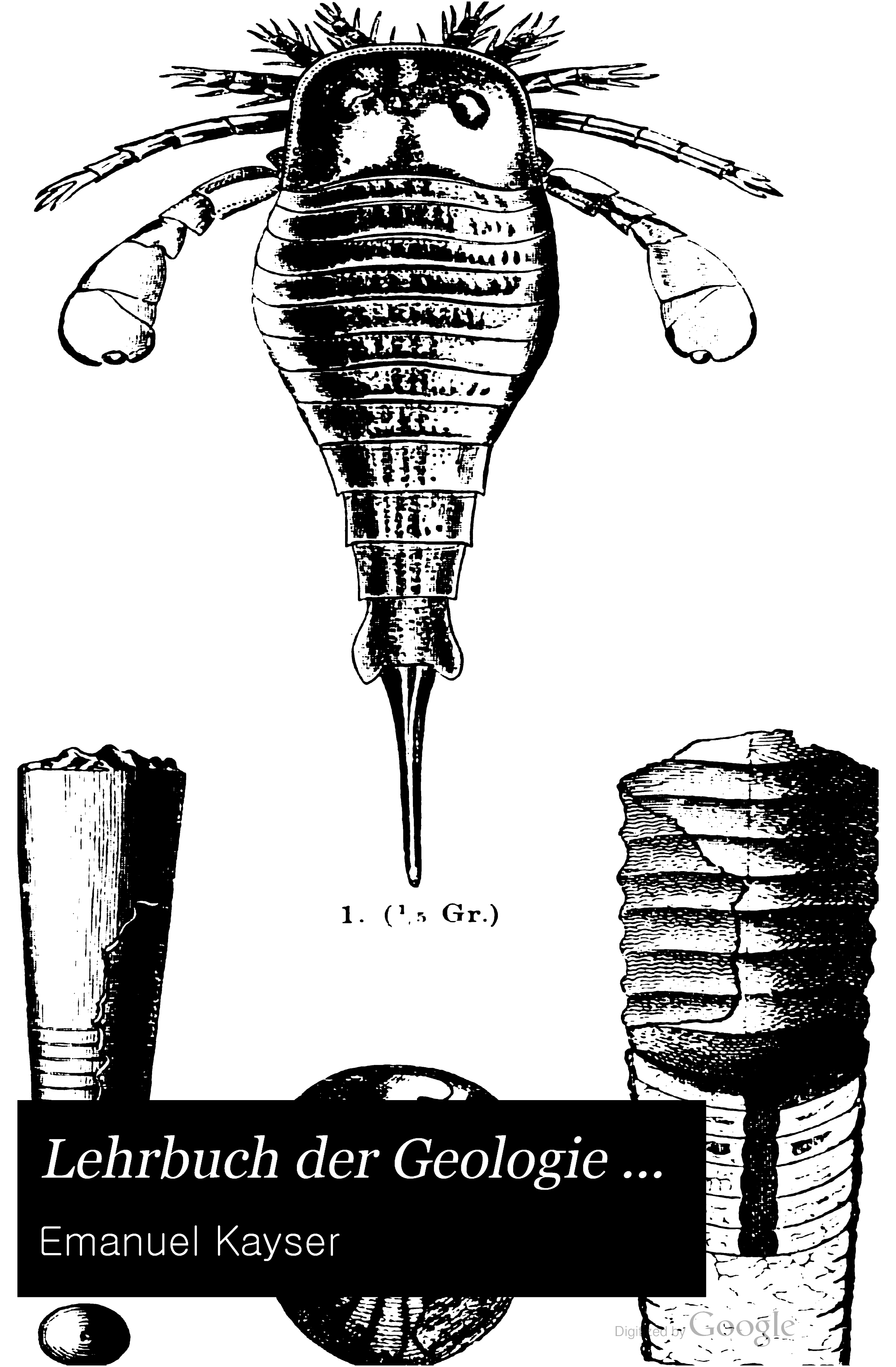

1. (1/5 Gr.)
Lehrbuch der Geologie ...
Emanuel Kayser



LEHRBUCH

DER

GEOLOGIE.

VON

DR. EMANUEL KAYSER,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT MARBURG IN HESSEN.

IN ZWEI TEILEN.

II. TEIL:

GEOLOGISCHE FORMATIONSKUNDE.

MIT 134 TEXTFIGUREN UND 85 VERSTEINERUNGSTAFELN.

ZWEITE AUFLAGE.

STUTTGART.
VERLAG VON FERDINAND ENKE.
1902.

LEHRBUCH

DER

GEOLOGISCHEN

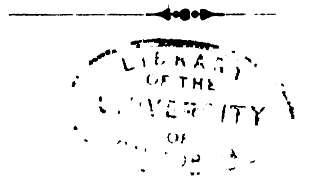
FORMATIONSKUNDE.

VON

DR. EMANUEL KAYSER,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT MARBURG IN HESSEN.

MIT 134 TEXTFIGUREN UND 85 VERSTEINERUNGSTAFELN.

ZWEITE AUFLAGE.



STUTTGART.
VERLAG VON FERDINAND ENKE.
1902.

EARTH
SCIENCES
LIBRARY

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

DEM ANDENKEN AN

ERNST BEYRICH

SEINEN UNVERGESSLICHEN LEHRER UND MEISTER

WIDMET AUCH DIESE NEUE AUFLAGE

DER VERFASSER.

Vorwort zur ersten Auflage.

Als der Herr Verleger dieses Buches vor einigen Jahren zum erstenmale an den Verfasser mit der Aufforderung herantrat, für seine Sammlung kurzer naturwissenschaftlicher Lehrbücher ein solches der historischen Geologie zu schreiben, glaubte der Unterzeichnete dies besonders aus dem Grunde ablehnen zu sollen, weil er die grosse Zahl der vorhandenen Lehr- und Handbücher der Geologie ungern um ein neues vermehren wollte. Wenn Verfasser späteren erneuten Aufforderungen dennoch nachgegeben hat, so muss er als Hauptentschuldigung den wohl von jedem Lehrenden empfundenen Wunsch geltend machen, seinen Schülern ein Buch in die Hände zu geben, welches den Gegenstand möglichst in der Weise behandelt, wie er es in seinen Vorlesungen thut. Ausserdem aber konnte der Unterzeichnete sich auch sagen, dass, so viele und treffliche Lehrbücher der Geologie oder einzelner Theile derselben wir auch besitzen, wir doch bis jetzt noch kein besonderes Lehrbuch der historischen Geologie oder, wie Verf. dieselbe lieber nennt, der Formationskunde besitzen.

Und doch bietet die selbständige Behandlung dieses wichtigen Abschnittes der geologischen Wissenschaft den Vorteil, in mancher Beziehung ausführlicher sein zu können als es in solchen Büchern möglich ist, die sich mit dem ganzen Umfange der Geologie beschäftigen. So gestattet der getrennte Vortrag der Formationskunde nicht nur ein Eingehen auf die in allen bisherigen Lehrbüchern sehr stiefmütterlich behandelte geschichtliche Entwickelung unserer Kenntniss der verschiedenen Formationen, sondern lässt auch eine weit eingehendere Berücksichtigung des organischen Inhaltes der letzten zu. Nach beiden Richtungen war denn auch der Verf. bestrebt, in dem vorliegenden Buche über die schon vorhandenen Lehrbücher hinauszugehen.

Sollte aber die stärkere Betonung der Paläontologie von wirklichem Nutzen für den Lernenden sein, so schien es sich zu empfehlen, von besonders wichtigen fossilen Formen und Formengruppen nicht bloss die

Namen, sondern zugleich eine wenn auch nur ganz kurze Charakteristik zu geben. Ausserdem aber musste auch eine weit grössere Zahl von möglichst nach den verschiedenen Formationsabtheilungen zu ordnenden Versteinerungen abgebildet werden, als man sie in den meisten Werken antrifft. Auch diesen beiden Forderungen hat der Unterzeichnete so weit wie thunlich gerecht zu werden versucht.

Von kurzen paläontologischen Diagnosen hätte ein noch ausgedehnterer Gebrauch gemacht werden können, wenn der dazu erforderliche Raum zu Gebote gestanden hätte. Was aber den Wunsch betrifft, dem Leser möglichst viele Leitversteinerungen in guten Abbildungen vorzuführen, so kann Verf. die Bereitwilligkeit, mit welcher der Herr Verleger trotz der beträchtlichen daraus erwachsenden Mühe und Kosten diesem Wunsche entsprochen hat, nur dankbar anerkennen. Er stützt aber gerade auf diesen Umstand die Hoffnung, dass das Buch Vielen ein willkommenes und nützliches Hülfsmittel beim Studium sein werde.

Vor Benutzung des Buches wolle man die am Ende desselben aufgeführten Druckfehler und sonstigen Irrthümer berichtigen. In Betreff der Hinweise auf die abgebildeten Versteinerungen ist zu bemerken, dass diese stets durch eine in Klammern oder zwischen Gedankenstriche gesetzte römische und eine dahinterstehende arabische Zahl gegeben worden sind, von denen die erstere die betreffende Tafel-, die letztere die Figurennummer angiebt.

Bei der Ausdehnung des zu behandelnden Stoffes und dem grossen von den Abbildungen eingenommenen Raum war im Allgemeinen eine ziemliche Einschränkung geboten. Nur die geologischen Formationen Deutschlands konnten eingehender besprochen werden, während über die sonstigen europäischen und noch mehr die aussereuropäischen Ablagerungen nur das Allernothwendigste mitgetheilt werden konnte.

Der Verf. ist in der günstigen Lage, die Geologie des deutschen Bodens zum grösseren Theil aus eigener Anschauung zu kennen. Auch hat er die ihm zugängliche Literatur überall nach besten Kräften zu verwerthen gesucht. Dennoch muss er bei dem gewaltigen Umfange, den die Geologie in unseren Tagen erlangt hat, befürchten, dass sein Buch im Einzelnen mancherlei Versehen und Irrthümer enthalten werde. Er würde sich freuen, wenn dasselbe trotzdem eine freundliche Aufnahme fände, und wird allen Fachgenossen, die ihn auf Fehler aufmerksam machen wollen, zu aufrichtigem Danke verpflichtet sein.

Marburg, im November 1890.

Prof. E. Kayser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Nach Anlage und Form ist die vorliegende zweite Auflage der ersten durchaus ähnlich: auch im neuen Buche ist Verf. bemüht gewesen bei jeder Formation nicht nur den augenblicklichen Stand unseres Wissens sondern auch die historische Entwickelung ihrer Kenntniss darzulegen, und wie früher so sind auch hier in erster Linie die geologischen Verhältnisse Deutschlands, erst in zweiter Linie die der Nachbarländer und exotischen Gebiete berücksichtigt worden. An äusserem Umfang und Inhalt aber hat das Buch so zugenommen — die Seitenzahl ist von 386 auf 626, die Zahl der Tafeln von 73 auf 85, die der Textfiguren von 70 auf 134 angewachsen —, dass es sich in Wirklichkeit fast um ein neues Werk handelt. In dieser von Haus aus nicht beabsichtigten, sich aber während der Arbeit immer mehr als erforderlich herausstellenden Vermehrung spiegeln sich deutlich die ganz ausserordentlichen Fortschritte ab, welche die stratigraphische Geologie im Laufe der bald zwölf seit dem Erscheinen der ersten Auflage verflossenen Jahre gemacht hat. Ganze Kapitel, wie die dem Diluvium, der unteren Kreide, der alpinen Trias und den paläozoischen Formationen gewidmeten Abschnitte, sind völlig umgearbeitet worden. Die grösste Abweichung von der älteren Auflage aber liegt in der unbedingt nöthig erscheinenden Erhebung der grossen zwischen Palaeozoicum und Urgebirge liegenden, jetzt meist als Praecambrium oder Algonkian bezeichneten Schichtenfolge zu einem eigenen, den übrigen grossen Formationsgruppen mindestens gleichwerthigen Hauptgliede unseres stratigraphischen Systems. Dieser Aenderung gegenüber erscheinen andere, wie die Einführung des Paleocäns, des Emscher Mergels und der verschiedenen Glieder der früher als Neocom zusammengefassten Schichtenreihe als selbständige stratigraphische Abtheilungen unwesentlich.

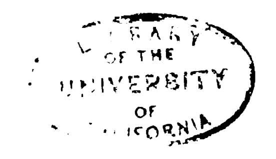
Allen Fachgenossen, die meine Arbeit durch Ertheilung von Auskunft, durch Darleihung von Profilen und Versteinerungsabbildungen oder sonstwie unterstützt haben, spreche ich auch an dieser Stelle meinen

herzlichsten Dank aus. Zu besonderem Dank fühle ich mich meinen Freunden, den Herren v. Koenen und Tschernyschew verpflichtet für die Erlaubniss, Abbildungen aus noch unveröffentlichten paläontologischen Monographien über norddeutsche untere Kreide und russisches Obercarbon entlehnen zu dürfen. Sehr verbunden bin ich weiter auch meinem Assistenten Herrn Dr. Drevermann für seine freundliche Unterstützung beim Lesen der Correcturen und der Anfertigung des Registers. Namentlich aber habe ich noch meinem Verleger Herrn Ferd. Enke zu danken, dass er meinen Wünschen stets so liebenswürdig entgegengekommen ist und keine Mühe und Kosten gescheut hat das Buch in möglichst zweckentsprechender und schöner Weise auszustatten. Wenn, wie ich wünsche und hoffe, das Werk auch in seiner neuen Gestalt sich als ein nützliches Hülfsmittel zur Einführung in einen der wichtigsten Zweige der Geologie erweisen sollte, so gebührt ein grosser Theil des Dankes dafür ihm.

Marburg, Ende August 1902.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniss.



Einleitung.

Allgemeine Vorbemerkungen.

Die Formationskunde ist nur ein Theil der ausgedehnten Wissenschaft der **Geologie,** d. h. der Lehre von der stofflichen (und zwar besonders mineralischen) Zusammensetzung, dem Bau und der Bildungsgeschichte unserer Erde.

Wie in anderen Wissenschaften, so kann man auch in der Geologie mehrere verschiedene Zweige oder Disciplinen unterscheiden. So die physische Geologie, welche sich mit der Gestalt und Grösse, den Dichtigkeits- und Wärmeverhältnissen, den allgemeinen Contour- und Reliefformen der Erdoberfläche und anderen ähnlichen Gegenständen beschäftigt; ferner die dynamische oder mechanische Geologie, welche die Wirkungen der sich auf der Erde bethätigenden Kräfte, des Vulkanismus, des Wassers u. s. w. behandelt; die tektonische Geologie oder Geotektonik, welche uns mit den Lagerungsformen der die Erdrinde zusammensetzenden Gesteine bekannt macht; die petrographische Geologie oder Petrographie, welche uns die chemische und mineralische Zusammensetzung, sowie die Art des Vorkommens und die Verbreitung der verschiedenen Gesteinstypen kennen lehrt; und endlich die **Formationskunde.** Diese hat die Aufgabe, die Zusammensetzung, Verbreitung und die organischen Einschlüsse der geologischen Formationen, d. h. der gesammten, in den verschiedenen grossen Zeitabschnitten der Erdgeschichte entstandenen Gesteinsbildungen, zu erforschen und giebt uns damit eine Art Entwickelungsgeschichte des Erdballs und der ihn bewohnenden Thier- und Pflanzenwelt von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart. Wesentlich gleichbedeutend mit der Bezeichnung Formationslehre sind die Ausdrücke Stratigraphie und historische Geologie.

Ueberblickt man die Gesammtheit der die feste Erdrinde bildenden Gesteine, so findet man, dass diese sich in zwei Hauptklassen trennen lassen, nämlich 1. primäre oder Eruptivgesteine, die nach Art der

heutigen Laven in heissflüssigem Zustande aus dem Innern der Erde emporgestiegen und durch Erstarrung in festen Zustand übergegangen sind, und 2. secundäre oder Sedimentgesteine, welche in den meisten Fällen entweder Ablagerungen vom Wasser mechanisch mitgeführter fester Theile oder Abscheidungen aus mineralischen Lösungen darstellen.

Gegenüber diesen beiden Hauptarten von Sedimentgesteinen, den mechanischen und den chemischen, treten andere, die durch die Wirkung von Organismen, von Eis und der Atmosphäre entstanden sind, die organischen, glacialen und äolischen (subaërischen), sehr in den Hintergrund.

Die Sedimentgesteine unterscheiden sich von den Eruptivgesteinen namentlich durch zwei Merkmale: ihre Schichtung und ihre Versteinerungsführung.

Die Schichtung kommt zwar nicht allen, aber doch den allermeisten Sediment- oder „Schicht"-Gesteinen zu. Man versteht darunter, dass die ganze Gesteinsmasse aus parallelen, platten- oder tafelförmigen Körpern (Schichten) besteht, die, gleich den Blättern eines Buches über einander liegend, bei verhältnissmässig geringer Dicke („Mächtigkeit") in der Regel eine grosse horizontale Verbreitung besitzen. Jede Schicht ist von der über- und unterliegenden durch eine Schichtfuge getrennt und entspricht einem besonderen, wenn auch meist nur sehr kurzen, geologischen Zeitabschnitte. Eine Mehrzahl über einander liegender Schichten von ähnlicher Beschaffenheit und Bildungsweise bezeichnet man als Schichtenfolge, Schichtenreihe, Schichtengruppe, Schichtencomplex oder Schichtensystem. Jede der grossen geologischen Formationen besteht aus einer ganzen Reihe derartiger Schichtenfolgen.

Was die Versteinerungen betrifft, so kommen sie nicht allen, aber doch der grossen Mehrzahl der Sedimentgesteine zu. Sie stellen im Gestein eingebettete, mehr oder weniger mineralisirte [1]) Reste von Thieren und Pflanzen dar, welche zur Zeit der Bildung der betreffenden Schichten lebten und von dem sich bildenden Sediment umschlossen wurden.

Unsere ganze geologische Zeitrechnung beruht nun ausschliesslich auf den Sedimentgesteinen. Denn allein sie bieten infolge ihrer Schichtung und Versteinerungsführung die Möglichkeit, die einzelne Schicht, Schichtenreihe oder Formation auf weite Erstreckung,

[1]) Eine auffällige Ausnahme von dieser Regel bilden die im diluvialen Eisboden Sibiriens sich findenden, mit Haut und Haaren erhaltenen, aber auch als Versteinerungen zu betrachtenden Mammuth- und Rhinoceros-Leichname.



ja über die ganze Erde zu verfolgen. Die Eruptivgesteine lassen sich zu diesem Zwecke nicht verwerthen, weil sie keine Merkmale besitzen, die einen sicheren Schluss auf ihr Alter zulassen. Dieses lässt sich vielmehr nur nach dem Alter der Sedimentgesteine bestimmen, welche von ihnen durchbrochen worden sind.

Alle bisherigen Versuche, das absolute Alter der Sedimente zu bestimmen, d. h. festzustellen, vor wie viel Jahrhunderten oder Jahrtausenden sie entstanden sind, müssen als misslungen betrachtet werden. Unsere ganze geologische Zeitrechnung ist keine absolute, sondern eine relative. Wir können das Alter eines Gesteins, die Zeit des Eintrittes eines geologischen Ereignisses, nicht nach Jahren bestimmen, sondern nur sagen, ob dies Gestein oder Ereigniss älter oder jünger sei als ein anderes.

Der Weg, der sich uns zu diesem Behufe bietet, ist ein doppelter: 1. der stratigraphische, der sich auf die Lagerung der gegebenen

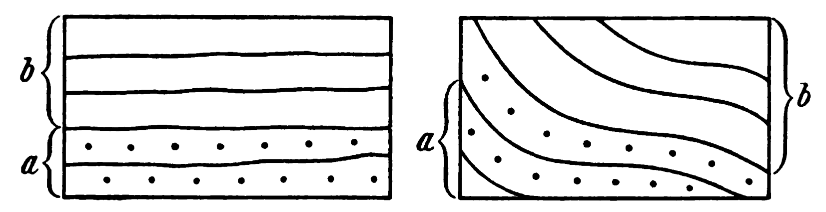


Fig. 1. Concordante oder gleichförmige Lagerung.

Schicht oder Schichtengruppe stützt, und 2. der paläontologische, der auf die organischen Einschlüsse des Gesteins Bezug nimmt.

Was den ersten, stratigraphischen Weg der Altersbestimmung betrifft, so gilt hier als wichtigster Grundsatz, dass unter normalen Umständen, d. h. bei ungestörter oder wenig gestörter Lagerung der Schichten, jede höher liegende Schicht jünger ist als die tiefere. Nach dieser Grundregel der Lagerungslehre hat man seit alter Zeit, noch ehe es eine eigentliche geologische Wissenschaft gab, das Aeltere von dem Jüngeren oder, wie unsere alten deutschen Bergleute sich ausdrückten, das Liegende vom Hangenden getrennt.

Hinsichtlich der Lagerung zweier oder mehrerer Schichtenreihen zu einander hat man in erster Linie zwischen concordanter oder gleichförmiger und discordanter oder ungleichförmiger Lagerung zu unterscheiden. Im ersten, gewöhnlichen Falle besitzen beide Schichtenreihen eine gleiche Lagerung (das nämliche Streichen und Fallen) (Fig. 1). Man darf dann annehmen, dass zwischen der Ablagerung des älteren und des jüngeren Gliedes keine grössere zeitliche Unterbrechung stattgefunden hat. Bei ungleichförmiger Lagerung dagegen besitzen

beide Gesteinsfolgen ihre besondere, von derjenigen der anderen abweichende Lagerung (Fig. 2), und in diesem Falle muss zwischen der Bildung des älteren und des jüngeren Gliedes eine gewisse Zeit ver-

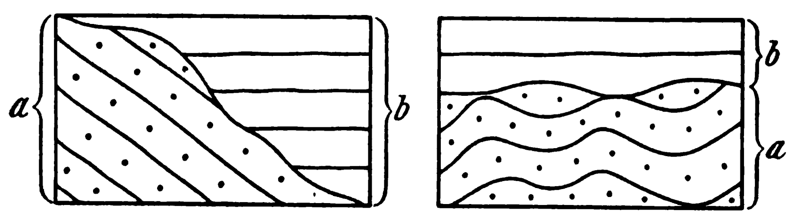


Fig. 2. Discordante oder ungleichförmige Lagerung.

flossen sein, während welcher das ältere Glied aus seiner ursprünglichen horizontalen Lage herausgerückt, aufgerichtet und unter Umständen gefaltet worden ist.

Eine andere wichtige Art der Lagerung ist die übergreifende oder transgredirende (Transgression der Schichten). Diese besteht darin, dass eine Schichtenfolge über das Verbreitungsgebiet der nächstälteren, sie gleichförmig unterlagernden Schichtenfolge dergestalt übergreift, dass sie auf grössere Erstreckung unmittelbar auf einer dritten, noch älteren, meist abweichend gelagerten Schichtenreihe aufliegt. So

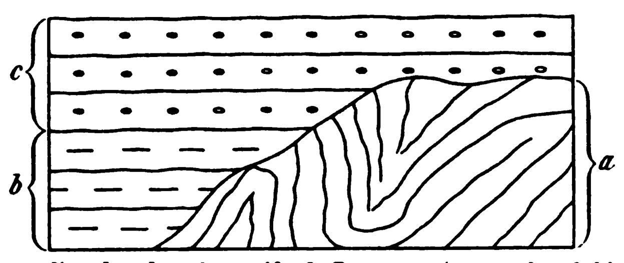


Fig. 3. Transgredirende oder übergreifende Lagerung (von *c* über *b* hinüber auf *a*).

liegt z. B. das Rothliegende der Saargegend übergreifend auf dem es gleichförmig unterlagernden Saarbrücker Steinkohlengebirge, so dass es im Norden des letzteren unmittelbar auf den älteren, steil aufgerichteten Devonschichten des Hunsrück aufruht (Fig. 3).

Transgressionen weisen stets darauf hin, dass nach Ablagerung des älteren Schichtensystems (im eben angenommenen Beispiele des Kohlengebirges) eine Ueberfluthung der Ränder des Ablagerungsbeckens eintrat, so dass die jüngere Schichtenreihe (in unserem Fall das Rothliegende) über ein grösseres Gebiet abgelagert wurde als die ältere.

Was den zweiten, paläontologischen Weg der Altersbestimmung der Schichten betrifft, so hängt die Möglichkeit, aus den Versteinerungen eines Gesteins auf seine Bildungszeit zu schliessen, damit zusammen,

dass die Erde im Laufe ihrer unermesslich langen, sicherlich viele Jahrmillionen umfassenden Geschichte von einer langen Reihe sehr verschiedenartiger Faunen und Floren bevölkert worden ist, und dass demgemäss auch die Versteinerungen der verschiedenen Formationen und Formationsabtheilungen im Einzelnen von einander sehr verschieden sind. Nachdem es aber jetzt durch die Bemühungen vieler Generationen von Forschern gelungen ist, den Entwickelungsgang des organischen Lebens in seinen Grundzügen festzustellen, ist es möglich geworden, aus dem Charakter einer gegebenen fossilen Fauna oder Flora ihr relatives Alter zu bestimmen, d. h. festzustellen, ob sie jünger oder älter ist, als eine andere. Ueberblickt man nämlich die Gesammtheit der auf einander folgenden fossilen Faunen und Floren, so zeigt sich, dass sie der heutigen Fauna und Flora um so ähnlicher sind, je geringer, und umgekehrt um so unähnlicher, je höher ihr Alter ist. Dies erklärt sich daraus, dass die Lebewelt jeder Epoche sich aus derjenigen der ihr vorangegangenen Epoche entwickelt hat und die heutige Thier- und Pflanzenwelt nur das Endglied der ganzen Entwickelungsreihe darstellt. Man kann daher aus dem allgemeinen Charakter einer gegebenen älteren Fauna oder Flora, aus ihrer grösseren oder geringeren Aehnlichkeit mit derjenigen der Gegenwart, einen mehr oder minder sicheren Schluss auf ihr relatives Alter ziehen.

Dieser wichtige Satz ist zwar natürlich nur im ganzen Grossen gültig. Denn es kann nicht zweifelhaft sein, dass ebenso wie heutzutage schon in der geologischen Vorzeit der Charakter der Thier- und Pflanzenwelt durch klimatische Unterschiede beeinflusst worden ist. Dazu kamen dann noch allerhand andere örtliche Verschiedenheiten. Die Landthiere waren stets andere als die Wasserthiere, und unter diesen waren wiederum die Meeresthiere andere als die Süsswasserbewohner. Endlich mussten sich zu allen Zeiten, so wie heute, die Einflüsse der verschiedenen Höhenlage, der Feuchtigkeit, des Bodens u. s. w. geltend machen. Alle diese Umstände mussten zusammenwirken, um seit den ältesten Zeiten allerlei regionale Verschiedenheiten der unsere Erde während einer bestimmten Epoche bevölkernden Thier- und Pflanzenwelt hervorzubringen. Nichtsdestoweniger ist es ein durch hundertfältige Erfahrung bestätigter, sich alle Tage aufs Neue bewährender Satz, dass abgesehen von allen örtlichen Unterschieden der allgemeine Charakter und die Reihenfolge der Faunen und Floren der verschiedenen geologischen Perioden auf der ganzen Erde dieselben gewesen sind. So ist nicht nur die allgemeine Aufeinanderfolge der verschiedenen grossen paläozoischen Meeresfaunen vom Cambrium bis zum Perm an den entlegensten Punkten des Erdenrundes die gleiche, sondern auch die verschiedenen Ammonitenfaunen der Juraformation, die doch nur verhältniss-

mässig kurzen geologischen Zeitabschnitten entsprechen, wiederholen sich in geradezu staunenswerther Uebereinstimmung an den verschiedensten Punkten Europas ebenso wie in Indien und Südamerika.

Man bezeichnet diejenigen Fossilien, die sich als besonders tauglich für die Altersbestimmung der Schichten erwiesen haben, als Leitfossilien. Ihr Werth ist um so höher, je grösser ihre horizontale, und je geringer ihre verticale Verbreitung ist. Aus diesem Grunde sind viele Arten, Gattungen oder auch ganze Familien von Ammoniten (wie die Trachyceraten, Arieten u. a. m.) ausgezeichnete Leitformen für verschiedene Horizonte der mesozoischen, und ebenso manche Arten, Gattungen und Familien von Graptolithen, Trilobiten etc. für solche der paläozoischen Formationen. Auf derselben zeitlichen Beschränkung bei gleichzeitig weltweiter Verbreitung beruht der Werth der Rudisten für die Kreideformation, mancher Gruppen von Säugethieren für verschiedene Abtheilungen des Tertiärs u. s. w.

Die Altersbestimmung der Schichten mittelst ihrer Versteinerungen wird nach diesen Ausführungen nicht nur dann ausführbar sein, wenn es sich um Ablagerungen einer und derselben Gegend handelt, sondern auch dann, wenn diese weit von einander getrennt sind, wenn also z. B. europäische mit amerikanischen Schichten verglichen werden sollen. Auch in diesem Falle nämlich wird man annehmen dürfen, dass

1. gleichzeitige (äquivalente, homotaxe) Ablagerungen auch mehr oder weniger ähnliche Faunen und Floren einschliessen, und dass
2. mit der Jugend einer Fauna und Flora im Allgemeinen ihre Aehnlichkeit mit den jetzt lebenden Faunen und Floren zunimmt.

Die durch örtliche Abweichungen der Lebensbedingungen verursachten Verschiedenheiten im Charakter der organischen Reste gleichalteriger Schichten werden als paläontologische Facies bezeichnet. So findet sich nicht selten sogar in einer und derselben Gegend neben einer Ammoniten- oder überhaupt Cephalopodenfacies eine gleichalterige Brachiopoden-, Conchiferen-, Korallen- oder sonstige Facies. Noch einschneidender sind die Unterschiede zwischen einer marinen und einer gleichzeitigen brackischen oder Süsswasser- (limnischen) Facies.

Man glaubte früher, dass ausser dem stratigraphischen und paläontologischen Wege der Altersbestimmung noch ein dritter, petrographischer, auf die Unterschiede in der Gesteinsbeschaffenheit der verschiedenen Formationen und Formationsabtheilungen gegründeter Weg benutzt werden könne. Man nahm nämlich an, dass sich während eines jeden grösseren geologischen Zeitabschnittes ganz bestimmte, nur der betreffenden Epoche

zukommende Gesteine gebildet hätten, und aus dieser Zeit stammen die Ausdrücke Kreideformation, Oolith-, Salz-, Grauwacken-, Kohlengebirge u. a. m. Diese Anschauungen haben sich indess als irrthümlich erwiesen. Man weiss jetzt, dass z. B. Oolithgesteine, Salz und Steinkohlen in den allerverschiedensten Formationen vorkommen. Umgekehrt hat sich herausgestellt, dass gleichalterige Ablagerungen in verschiedenen Gegenden durch ganz abweichende Gesteine vertreten sein können: so in einer Gegend durch Sandsteine und Conglomerate, in einer anderen durch Schiefer, in einer dritten durch Kalksteine u. s. w.

Dem kann auch nicht anders sein. Da nämlich die Sedimentbildung zu allen Zeiten in verschiedenen, räumlich mehr oder weniger getrennten Becken stattgefunden hat — und zwar nicht nur in marinen, sondern gleichzeitig auch in Süsswasserbecken — und da die Beschaffenheit des abgelagerten Materials nicht nur in jedem einzelnen Becken, sondern auch an verschiedenen Punkten desselben Beckens verschieden sein konnte und nachgewiesenermaassen vielfach gewesen ist, so musste sich natürlich auch die petrographische Beschaffenheit der gleichzeitig entstehenden Schichten im Einzelnen sehr verschieden gestalten. Der so häufig zu beobachtende Wechsel in der petrographischen Ausbildung einer bestimmten Schicht oder Schichtenreihe in ihrem Fortstreichen, ihr Uebergang aus Schiefern in Sandsteine und Conglomerate, aus Thonen in Mergel und Kalksteine u. s. w. ist also etwas sehr Natürliches. Daraus folgt aber unmittelbar, dass die petrographische Beschaffenheit einer Schichtenreihe im Allgemeinen nur etwas Unwesentliches, für ihre Altersbestimmung Gleichgültiges sein kann. Nur örtlich besitzen petrographische Merkmale für die Wiedererkennung einer bestimmten Schicht oder Schichtenfolge eine grössere Bedeutung.

Nichtsdestoweniger ist der Wechsel der „petrographischen Facies“ keineswegs ganz ohne Belang. Die Erfahrung hat nämlich gelehrt, dass mit der Aenderung in der Gesteinsbeschaffenheit fast immer auch eine Aenderung in der Petrefactenführung Hand in Hand zu gehen pflegt, dass mit anderen Worten petrographische und paläontologische Facies einander zum guten Theil decken.

Nach Lagerung, paläontologischem Charakter und bis zu einem gewissen Grade auch nach der Gesteinsentwickelung theilt man die Gesammtheit der geschichteten Gesteine in eine Reihe grosser Abtheilungen, welche in Deutschland und gewöhnlich auch in England und Nordamerika als Formationen bezeichnet werden, während man in Frankreich als gleichbedeutend den Ausdruck terrain gebraucht. Auf den letzten internationalen Geologencongressen ist statt dieser Bezeichnungen das Wort

System vorgeschlagen worden; aber selbst wenn wir davon absehen, dass das Wort System bei seiner Vieldeutigkeit keineswegs glücklich gewählt erscheint, möchten wir zweifeln, dass es den allgemein eingebürgerten Ausdruck Formation wird verdrängen können.

Während mehrere auf einander folgende und sich nahestehende Formationen zu einer grösseren Einheit, der Gruppe (groupe), vereinigt werden, zerlegt man umgekehrt jede Formation in mehrere Abtheilungen oder Stockwerke (série [engl. series], section), diese wieder in Stufen (étage) und Unterstufen (sous-étage) und diese in Lager oder Zonen, innerhalb welcher man dann noch einzelne Schichten (couches, beds) unterscheiden kann.

Zeitlich entspricht der Gruppe die Aera (Zeitalter), der Formation oder dem System die Periode, der Abtheilung oder dem Stockwerke die Epoche, der Stufe endlich das Alter (âge).

Wir erhalten so die folgende Uebersicht:

räumlich	zeitlich
Gruppe	Aera (Erdzeitalter)
System oder Formation (terrain) .	Periode
Abtheilung oder Stockwerk (série)	Epoche
Stufe (étage)	Alter.

Als kleinste geologische Einheit nimmt man gewöhnlich nicht die Schicht, da diese bei ihrer verhältnissmässig beschränkten Verbreitung von zu örtlicher Bedeutung ist, sondern die Zone, d. h. eine Anzahl von Schichten, die durch eine ganz bestimmte Fauna, oder auch nur eine, aber dann besonders bezeichnende Leitversteinerung, ausgezeichnet sind.

Bis jetzt ist eine strenge paläontologische Zoneneintheilung nur für wenige Formationen, so besonders für den Jura und die Kreide, aufgestellt worden; das Streben der neueren Geologie geht indess dahin, eine ähnliche Gliederung auch für die übrigen Formationen durchzuführen.

Uebersicht über die Eintheilung der Sedimentformationen.

Die Gliederung der Sedimentgesteine ist ausgegangen vom mittleren Deutschland, der Gegend zwischen Harz und Thüringerwald, insbesondere dem Mansfeld'schen. Hier, wo seit Jahrhunderten der wichtigste deutsche Kupferbergbau betrieben wird, erkannte man zuerst, dass die Schichtenfolge, die das Flötz, d. h. das nur wenige Fuss mächtige, erzführende Schieferlager einschliesst, sowohl unter als auch über diesem eine ganz bestimmte, auf weite Erstreckung wesentlich unverändert bleibende Zusammensetzung besitze. Diese Zusammensetzung wurde mit grosser Genauigkeit festgestellt und die ganze Schichtenfolge unter dem Namen

Flötzgebirge von den inselförmig aus ihr hervorragenden älteren Gebirgskernen des Harzes und Thüringerwaldes, dem Grundgebirge, getrennt.

In den genannten Gegenden brach sich mithin zuerst die wichtige, den Völkern des Alterthums noch ganz abgehende Erkenntniss Bahn, dass die verschiedenen die Erdrinde zusammensetzenden Gesteinsbildungen nicht regellos vertheilt, sondern in einer gesetzmässigen Reihenfolge über einander gelagert seien. Dieser Gedanke wurde weiter verfolgt und wissenschaftlich entwickelt namentlich durch den berühmten Abrah. Gottl. Werner, der in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts an der Bergwerksschule zu Freiberg im Erzgebirge vor einer grossen Zahl aus dem ganzen gebildeten Europa herbeiströmender Schüler Mineralogie und Geologie oder, wie man diese Wissenschaften damals nannte, Oryctognosie und Geognosie lehrte. Werner unterschied 4 Hauptabtheilungen, nämlich 1. Urgebirge, 2. Uebergangsgebirge, 3. Flötzgebirge und 4. aufgeschwemmtes Gebirge. Er theilte mithin das Grundgebirge der alten Bergleute in zwei Formationen und fügte noch eine weitere für die jüngsten, zum Theil noch in Bildung begriffenen Ablagerungen hinzu. Das Urgebirge sollte die krystallinischen, petrefactenfreien Schiefer des sächsischen Erzgebirges umfassen, das Uebergangsgebirge aber, wie der Name aussagt, eine Art Uebergang vom Grund- zum Flötzgebirge darstellen, indem es durch seine zum Theil noch krystallinische Beschaffenheit dem ersten, durch seine wenn auch im Ganzen noch sparsame Petrefactenführung dagegen dem letzten nahe stehen sollte.

Werner's Lehren verbreiteten sich über ganz Europa, wurden aber ausserhalb Deutschlands nach Maassgabe der geologischen Verhältnisse der betreffenden Länder vielfach umgemodelt und erweitert. So ersetzten die Franzosen die ihnen unbequemen Ausdrücke Ur-, Uebergangs- und Flötzgebirge durch die Namen terrain primitif, t. primaire (oder auch t. de transition) und t. sécondaire und fügten zu diesen als ein weiteres, jüngeres Hauptglied das in der Umgebung von Paris ausgezeichnet entwickelte und eine Fülle trefflich erhaltener Versteinerungen einschliessende t. tertiaire. Auch bei der Untersuchung der Sedimentgesteine Englands stellte sich heraus, dass dort gewisse Formationen entwickelt seien, die von allen in Sachsen und Thüringen entwickelten wesentlich abwichen. Sie wurden dem geologischen System unter den Bezeichnungen Oolith- und Kreidegruppe eingefügt und die erstgenannte Gruppe noch weiter in Lias und eigentlichen Oolith eingetheilt — Namen, welche Humboldt und L. v. Buch auch in Deutschland einzubürgern bestrebt waren.

Von grossem Einflusse auf die weitere Entwickelung der stratigraphischen Nomenclatur in Deutschland wurde das durch v. Dechen aus

dem Englischen übersetzte „Handbuch der Geognosie von DE LA BECHE"[1]). Es unterschied: 1. Grauwackengruppe (= WERNER's Uebergangsgebirge), 2. Kohlengruppe, 3. Gruppe des rothen Sandsteins (= dem Thüringer Flötzgebirge), 4. Oolithgruppe, 5. Kreidegruppe, 6. Gruppe der Bildungen über der Kreide (= t. tertiaire der Franzosen), 7. Geschiebegruppe (= unserem heutigen Diluvium), 8. Gruppe der gegenwärtigen Bildungen (= Alluvium). Der englische Einfluss zeigt sich auch in den wichtigen und gelehrten Handbüchern BRONN's[2]), in welchen eingetheilt wird in 1. Kohlenperiode (= der gleichnamigen Gruppe bei DE LA BECHE nebst der Grauwackengruppe desselben Autors), 2. Salzperiode (= dem thüringischen Flötzgebirge), 3. Oolithperiode, 4. Kreideperiode und 5. Molassenperiode (Tertiär und Diluvium).

Darnach finden die in Deutschland und England in den 30er Jahren des vorigen Jahrhunderts üblichen Eintheilungen und ihre Beziehungen zur WERNER'schen wie zu der heutigen Gliederung ihren Ausdruck in folgender Zusammenstellung:

WERNER	Deutschland	England	Jetzige Eintheilung
Aufgeschwemmtes Gebirge	Molassenperiode	Gegenwärt. Bildungen Geschiebegruppe Gruppe über der Kreide	Alluvium } Quartär Diluvium } Tertiär
Flötzgebirge	Kreideperiode Oolithperiode Salzperiode	Kreidegruppe Oolithgruppe Rothsandsteingruppe	Kreide Jura Trias
Uebergangsgebirge	Kohlenperiode	Kohlengruppe Grauwackengruppe	Paläozoische Formationen
Urgebirge	—	—	Eozoische und archäische Bildungen

Die Eintheilung des WERNER'schen Uebergangsgebirges, dieses mächtigen, unseren jetzigen paläozoischen Formationen entsprechenden Schichtencomplexes, fällt erst in das Ende der 30er und den Beginn der 40er Jahre, eine Zeit, wo die Kenntniss der jüngeren Formationen bereits weit fortgeschritten war. Der Grund dafür liegt in den grossen, sich gerade dem Studium der älteren Ablagerungen entgegensetzenden Schwierigkeiten, unter denen namentlich ihre meist sehr verwickelte Lagerung und ihre Versteinerungsarmuth hervorzuheben sind. Deutschland, wo Cambrium und Silur nur sehr kümmerlich entwickelt sind, war für Gliederungsversuche des Grauwackengebirges ein besonders ungeeignetes Gebiet, und auch in Frankreich lagen die Verhältnisse nicht viel besser. Erheblich

[1]) Berlin 1832.

[2]) Lethaea geognostica, 1833—38, und Handbuch der Geschichte der Natur, 1841—49.

günstiger war es in dieser Hinsicht mit England bestellt, und daher ist dieses auch das Land, von wo die Gliederung der paläozoischen Formationen ausgegangen ist und wo diese ihren Namen erhalten haben. Die jetzige Eintheilung dieser Schichtengruppe und die frühere Bezeichnungsweise der jetzt unterschiedenen Formationen sind aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich:

Aeltere Bezeichnungen	Jetzige Bezeichnung
Unterer Theil der Rothsandsteingruppe	Perm-Formation
Kohlengruppe der Engländer, Kohlengruppe von Bronn zum Theil	Carbon-Formation
Uebergangs- oder Grauwackengruppe	Devon-Formation Silur-Formation Cambrische Formation

Erst der allerneuesten Zeit gehören endlich die Versuche an, die grosse, theils aus klastischen, theils aus krystallinen Bildungen zusammengesetzte Folge von Gesteinen zu gliedern, die sich vielorts zwischen Cambrium und Urgebirge einschiebt. Wenn aber schon das Studium der paläozoischen Ablagerungen oft mit grossen Schwierigkeiten verknüpft ist, so erscheinen diese hier verdoppelt und verdreifacht. Es kann daher nicht Wunder nehmen, dass unsere Kenntniss dieses meist als Präcambrium oder Algonkian bezeichneten Gesteinscomplexes sich noch in den ersten Anfängen befindet. Als sicher darf indess angesehen werden, dass dieser gewaltige Complex einem ungeheuer langen Zeitabschnitt der Erdgeschichte entspricht und nicht nur aus einer, sondern aus einer ganzen Reihe von Formationen besteht, dass er mit anderen Worten eine besondere, den übrigen Gruppen mindestens gleichwerthige Formationsgruppe darstellt. Da in diesen Zeitraum die Anfänge des organischen Lebens auf der Erde hineinfallen, so wird er von neueren Autoren als archäozoische, proterozoische oder eozoische Gruppe bezeichnet.

Noch älter als sie ist die die allerältesten Gesteinsbildungen unserer Erde umfassende, dem Urgebirge Werner's entsprechende archäische oder azoische Gruppe. Während die beiden letzten Gruppen der Urzeit der Erde angehören, vertritt die über der eozoischen Gruppe folgende paläozoische Schichtenfolge deren Alterthum, die sich dann anschliessende mesozoische Gruppe deren Mittelalter, die jüngste oder neozoische Gruppe endlich ihre Neuzeit.

Nach alle dem ergiebt sich für die Gesammtheit der Gesteinsbildungen der Erdrinde folgende Eintheilung in Gruppen und Formationen, von denen die letzten wieder in folgende Hauptglieder zerlegt werden:

I. Neozoische Gruppe.

1. Quartärform. { Alluvium / Diluvium
2. Tertiärform. { Pliocän / Miocän / Oligocän / Eocän / Paleocän.

II. Mesozoische Gruppe.

1. Kreideform. { Obere Kreide / Untere Kreide
2. Juraform. { Oberer Jura / Mittlerer Jura / Unterer Jura (Lias)
3. Triasform. { Keuper / Muschelkalk / Buntsandstein.

III. Paläozoische Gruppe.

1. Permform. { Zechstein / Rothliegendes
2. Carbonform. { Ober-Carbon (Productives Carbon) / Unter-Carbon (Culm und Kohlenkalk)
3. Devonform. { Ober-Devon / Mittel-Devon / Unter-Devon
3. Silurform. { Ober-Silur / Unter-Silur
5. Cambrische Formation.

IV. Eo- oder proterozoische Gruppe.

V. Azoische oder archäische Gruppe (Urgebirge).

Ursprung und frühester Zustand der Erde.

Die Erde hat denselben Ursprung wie die übrigen Planeten unseres Sonnensystems und die Sonne selbst. Ursprünglich bildeten alle diese Körper einen einzigen, gewaltigen Gasball. Von diesem haben sich einer nach dem anderen die Planeten (und von diesen wieder deren Trabanten) losgelöst, während die übrigbleibende Hauptmasse zum Centralkörper des ganzen Systems, der Sonne, wurde.

Dies ist in wenigen Worten die Ansicht von der Entwickelung unseres Planetensystems, die als die Kant-Laplace'sche Theorie bekannt ist. Zu ihren Gunsten lassen sich eine ganze Reihe astronomischer und physikalischer Thatsachen anführen, wie die übereinstimmende Bewegungsrichtung und das (nahezu vollständige) Zusammenfallen der Bahn-

ebenen aller Planeten, ferner der Ring des Saturn und die allmähliche Dichtezunahme der Planeten in der Richtung nach der Sonne zu, wie auch bei jedem einzelnen von der Oberfläche aus nach innen [1]. Weitere noch wichtigere Beweise verdanken wir der spectralanalytischen Erforschung unserer Sonne und anderer noch fernerer Himmelskörper. Diese hat ergeben, dass 1. gewisse unter ihnen, die sogen. planetarischen Nebel, gewaltige, ausschliesslich aus glühenden Gasen bestehende Massen sind, dass 2. andere, die sogen. Sonnen, zu denen auch unsere Sonne gehört, Körper darstellen, bei denen es infolge lange fortgesetzten Wärmeverlustes und der damit zusammenhängenden Verdichtung ihrer Masse zur Bildung eines flüssigen Kernes gekommen ist, welche somit aus einem inneren glühend-flüssigen Theil und einer äusseren Gashülle bestehen, während endlich 3. eine letzte Art von Weltkörpern, die erloschenen, solche sind, die infolge noch weiterer Abkühlung von der Oberfläche aus in Erstarrung übergegangen sind und damit ihr früheres Leuchtvermögen eingebüsst haben. Zu dieser letzten Art von Körpern gehören unsere Erde, sämmtliche Planeten und Monde sowie gewisse dunkle Sterne anderer Sonnensysteme.

Dank dem Fortschritte der Wissenschaft wissen wir also jetzt, dass von allen Hauptzuständen, welche die Laplace'sche Theorie für die Entwickelung der Himmelskörper annimmt, nämlich 1. dem ursprünglichen Gasball, 2. dem Gasball mit schmelzflüssigem Kern und 3. dem erstarrten Weltkörper, Beispiele im Himmelsraume noch jetzt vorhanden sind, und dieser Umstand verleiht der genannten Theorie eine so hohe Wahrscheinlichkeit, dass wir sie als gesichert ansehen dürfen.

Wenn wir demgemäss den angegebenen Entwickelungsgang als den aller Weltkörper betrachten und infolge dessen auch für unsere Erde annehmen, dass sie in einer sehr weit zurückliegenden Zeit eine schmelzflüssige, leuchtende Kugel darstellte, die sich später von der Oberfläche aus mit einer festen Erstarrungskruste bekleidete, so steht diese Annahme nicht nur in vollstem Einklange mit Schlüssen, die man schon seit langer Zeit aus geologischen Thatsachen abgeleitet hat, sondern ebenso mit den Ergebnissen der heutigen astronomisch-physikalischen Forschung.

Die Annahme einer Erstarrungsrinde ist nach diesen Ausführungen durchaus nothwendig. Sie kann übrigens schon darum nicht umgangen werden, weil sowohl die ältesten Eruptivgesteine eine Kruste voraussetzen die sie durchbrachen, als auch die ältesten Sedimente eine Unterlage, auf der sie sich ablagerten. Auch darf man nicht vergessen, dass die

[1] Eine solche ist nicht nur für die Erde, sondern auch für den Jupiter festgestellt.



ersten Sedimente, einerlei ob chemischer oder mechanischer Natur, mit Nothwendigkeit ein älteres, bereits vorhandenes Gesteinsmaterial voraussetzen, aus dessen chemischer oder mechanischer Zerstörung sie hervorgingen, und dieses Material kann nur die Erstarrungsdecke des gluthflüssigen Erdballs geliefert haben.

Natürlich kann die Erstarrungsrinde zuerst nur sehr dünn und nachgiebig gewesen sein. Infolge der stetig fortschreitenden Abkühlung und Zusammenziehung des Erdkörpers wird sie eine sich unzählige Male wiederholende Faltung, Zerreissung und Zerstückelung erlitten haben. Aus den Rissen und Spalten quoll aber sofort gluthflüssiges Magma hervor, das die einzelnen Schollen wieder mit einander verkittete und der ganzen Kruste allmählich eine immer grössere Festigkeit und Widerstandsfähigkeit verlieh.

Ueber den Zustand der Erde in den auf die Bildung der Erstarrungskruste folgenden Zeiten können hier nur Andeutungen gegeben werden. Wir müssen annehmen, dass die Temperatur der ganzen Erde und infolge dessen auch der Atmosphäre damals noch eine so hohe war, dass alles Wasser nur in gasförmigem Zustand vorhanden sein konnte. Auf die Entstehung der Erstarrungsrinde wird mithin eine wahrscheinlich ungemein lange anhydrische Periode gefolgt sein. Erst als durch fortgesetzte Wärmeabgabe die Temperatur erheblich gesunken war, wird sich um die feste Rinde herum eine Wasserhülle haben bilden können. Aber auch dies Urmeer muss zunächst so heiss gewesen sein, dass sich darin noch keine Organismen entwickeln konnten. An die anhydrische Periode wird sich mithin eine vermuthlich ebenfalls unermesslich lange abiotische oder azoische Periode angeschlossen haben. Das Erscheinen von Lebewesen wird erst in einem noch späteren, einer weiteren, sehr erheblichen Abkühlung des Erdkörpers entsprechenden Entwickelungsstadium möglich geworden sein.

Mit J. Dana [1]) könnten wir somit für die allerfrüheste Entwickelungszeit unserer Erde folgende Hauptphasen unterscheiden:

I. Sternzeitalter der Erde. Diese bildet ein leuchtendes Gestirn.

II. Abiotisches oder azoisches Erdzeitalter. Die Erde umgiebt sich mit einer Erstarrungsrinde und büsst damit ihr Leuchtvermögen ein.

1. Anhydrische Periode, ohne flüssiges Wasser.
2. Oceanische Periode, in der sich die Urmeere bildeten, organisches Leben aber noch unmöglich war.

III. Archäozoisches Zeitalter, beginnend mit dem Erscheinen von Lebewesen auf der Erde.

[1]) Amer. Journ. of Science, Bd. XLIII, 1892, S. 455.

I. Azoische oder archäische Gesteinsgruppe (Urgebirge).

Namengebung. Der Ausdruck „azoisch" scheint zuerst (1845) von MURCHISON für die altkrystallinen Schiefer Skandinaviens verwendet worden zu sein und ist später besonders in Amerika üblich geworden[1]). Er deckt sich mit dem grössten Theile des mächtigen Gesteinscomplexes, der von den älteren deutschen Bergleuten als Grund- oder Urgebirge bezeichnet wurde und für den später J. DANA den Namen archäische Gesteinsgruppe oder Archaïcum vorgeschlagen hat.

Schon seit Beginn der 70er Jahre d. v. J.[2]) hat DANA diese Gesteinsfolge in zwei Unterabtheilungen getrennt: 1. das ältere Archaïcum oder die azoische Gruppe, die er dem Laurentium W. LOGAN's gleichstellte, und 2. das jüngere Archaïcum, das dem Huron jenes Forschers entsprechen sollte. van HISE hat in neuerer Zeit[3]) den Ausdruck archäisch auf DANA's älteres Archaïcum beschränkt, während er das jüngere als proterozoische Gruppe oder Algonkian bezeichnet. Die nordamerikanische geologische Landesanstalt ist ihm darin gefolgt[4]), und auch wir wollen im Folgenden den Ausdruck „archäisch" immer nur in diesem engeren Sinne gebrauchen.

Theoretische Feststellung des Begriffs und der allgemeinen Bildungsumstände des Azoicums.

Das azoische Zeitalter unseres Planeten beginnt mit der Entstehung einer Erstarrungskruste und endet mit dem Erscheinen des organischen Lebens auf der Erde. Es entspricht dem allerfrühesten Abschnitt der Erdgeschichte und umfasst jedenfalls einen unermesslich langen Zeitraum. Aus dieser Zeit stammen die ersten, ältesten Gesteinsbildungen der Erde.

Es ist bereits oben hervorgehoben worden, dass die älteste Periode der azoischen Zeit eine anhydrische gewesen sein muss, und dass auf diese erst später, als sich durch Condensirung des Wasserdampfes

---

[1]) WHITNEY and WADSWORTH, The azoic system, 1884.

[2]) Manuel of Geology, 2. edit., 1874.

[3]) Bullet. of the U. St. geol. survey, Nr. 86, 1892: Correlation papers: Archaean and Algonkian. 16. Annual report of the U. St. geol. survey, 1896, S. 571.

[4]) HISE, Archaean and Algonkian, S. 493.

und anderer Gase die ersten Meere gebildet hatten, eine oceanische Periode folgte.

In der anhydrischen Zeit konnten natürlich nur Gesteine von eruptivem Charakter entstehen, und zwar entweder durch allmähliches Dickenwachsthum der Rinde (durch Anlagerung neuer Erstarrungsschalen an der Innenseite der zuerst gebildeten) oder durch gang-, stock- oder stromförmige Magmaergüsse innerhalb oder über der Kruste.

In der oceanischen Periode aber mussten sich neben eruptiven auch Sedimentgesteine bilden. Denn von dem Zeitpunkt an, wo die ersten Wasseransammlungen entstanden waren, musste sofort der bekannte Kreislauf des Wassers und damit das nie ruhende Spiel der Abtragung und Ablagerung beginnen: die über dem Meere liegenden Theile der Kruste unterlagen der mechanischen Zerstörung und chemischen Auslaugung und lieferten so das Material zur Bildung von Sedimenten.

Organische Sedimente konnten damals noch nicht entstehen, da die Temperatur und sonstige Beschaffenheit der Urmeere — namentlich ihr sehr hoher Gehalt an gelösten Mineralstoffen — die Entwickelung von Organismen noch nicht gestattete. Die Sedimente des azoischen Zeitalters können daher weder pflanzliche noch thierische Ueberreste enthalten: sie sind im Gegensatz zu den Sedimenten aller späteren Zeiten der Erdgeschichte versteinerungslos.

Was die Beschaffenheit der Erstarrungsgebilde der anhydrischen Periode betrifft, so darf man annehmen, dass sie nicht wesentlich von der der heutigen Eruptivgesteine abwich. Nur wird man nicht aus dem Auge verlieren dürfen, dass 1. die Temperatur der Atmosphäre damals noch ausserordentlich hoch war, und dass 2. ihre Dicke mindestens das Hundertfache der heutigen betragen haben muss, da ihr nicht nur die gesammte Menge des Wassers angehörte, das zu jener Zeit nur in gasförmigem Zustande bestehen konnte, sondern wohl auch die ganze Menge der Kohlensäure, des Chlors, des Schwefels und anderer leicht flüchtiger Substanzen. Unter solchen Umständen aber konnte die Erstarrung des Magmas selbst an der Erdoberfläche nur mit äusserster Langsamkeit vor sich gehen, und infolge dessen mussten die erstarrenden Massen eine hochkrystalline, derjenigen unserer Tiefenerstarrungsgebilde ähnliche Beschaffenheit annehmen.

Auch die Ergussgesteine der oceanischen Phase des Azoicums werden unter wesentlich ähnlichen Bedingungen entstanden und daher überwiegend vollkrystallin erstarrt sein.

Ganz anders verhält es sich mit den Sedimenten des azoischen Zeitalters. Diese entstanden unter Bedingungen, die von denen, unter welchen sich unsere heutigen Sedimente bilden, grundverschieden waren. Denn damals fand die Sedimentation noch in einem hochtemperirten, unter

einem gewaltigen Atmosphärendrucke stehenden und mit den mannigfaltigsten Lösungen beladenen Ocean statt. Wir dürfen daher vermuthen, dass damals eine unmittelbare krystalline Sedimentation, etwa so wie Gümbel[1]) sie sich vorstellte, stattfinden konnte.

Aber auch die aus der Ablagerung der Abreibungsstoffe des Festlandes hervorgehenden klastischen Sedimente mussten unter jenen besonderen Bedingungen — die denen der bekannten Experimente Daubrée's, der durch Anwendung von hohem Druck und hoher Temperatur die verschiedensten amorphen Körper in einen krystallinen Zustand überführte, durchaus entsprechend waren — sehr bald eine krystalline Beschaffenheit annehmen.

Diese Umkrystallisation wird noch dadurch unterstützt worden sein, dass bei der damaligen grossen Dünnheit der Erstarrungskruste die Sedimente immer wieder und wieder von empordringenden Eruptivmassen werden durchbrochen und infolge der mit solchen Injectionen verbundenen heissen Durchwässerung metamorphosirt worden sein.

Zu diesen contactmetamorphen Umwandlungen kamen aber jedenfalls noch dynamometamorphe hinzu, da wir uns vorstellen dürfen, dass die Zusammenziehung, Runzelung und Dislocation der Erdrinde damals bereits sehr lebhaft war. Dass diese Umwandlungen, namentlich die dynamische, sich meist sehr bald, noch vor Ende des azoischen Zeitalters, vollzogen haben müssen, beweist das in Arizona, am Lake Superior, in Wales und anderwärts beobachtete Vorkommen von Gneisseinschlüssen mit allen Merkmalen des darunter anstehenden archäischen Gneisses in den Basalconglomeraten des Algonkians[2]).

Infolge aller dieser Umstände werden die Sedimente der Urmeere ihre ursprüngliche Natur wahrscheinlich sehr schnell eingebüsst und, selbst wenn sie von Haus aus klastisch waren, eine mehr oder minder krystalline Beschaffenheit angenommen haben. Es muss daher sehr fraglich erscheinen, ob wir überhaupt erwarten dürfen, unter den in azoischer Zeit gebildeten Sedimenten Gesteine von deutlich klastischem Charakter anzutreffen.

Ueberblick über die Haupteigenthümlichkeiten und die Art des geologischen Auftretens der Urgebirgsgesteine.

Wir hätten auf diese Weise den Begriff und die wesentlichsten Bildungsumstände der azoischen Gesteinsgruppe theoretisch festzustellen versucht. Weit schwieriger ist die Beantwortung der Frage, welche

[1]) Ostbayer. Grenzgebirge, 1868, S. 833.

[2]) v. Hise, Archaean and Algonkian, S. 487.

Gesteinsbildungen der Erde als azoisch betrachtet werden dürfen. Ehe wir indess auf diese Frage eingehen können, ist es unerlässlich, dass wir uns mit den allgemeinen Eigenschaften, der Art des Vorkommens und der Verbreitung der archäischen Gesteine bekannt machen.

Ueberall, wo auf der Erde durch Erosion, Denudation oder Dislocationen die Unterlage der ältesten fossilführenden Formationen zu Tage tritt, erweist sie sich aus denjenigen Gesteinen zusammengesetzt, die man seit langer Zeit als Ur- oder Grundgebirge, als Primitiv- oder Fundamentalbildungen, als archäisches Gebirge oder auch als die Gruppe der krystallinen Schiefer (terrain crystallo-phyllien von Omalius d'Halloy) zusammengefasst hat.

In ihrer Gesammtheit stellen diese Bildungen ein überaus mächtiges, man darf wohl sagen das gewaltigste unter allen am Aufbau der Erdrinde theilnehmenden Gliedern dar. Wenn es auch infolge der fast immer äusserst gestörten Lagerungsverhältnisse der primitiven Gesteinsreihe kaum möglich ist irgendwo ihre wahre Mächtigkeit zu bestimmen, so lässt sich doch sagen, dass diese da, wo die Gesteinsfolge einigermaassen vollständig entwickelt ist, eine Dicke von vielen Kilometern besitzen muss. Der dieser Gesteinsdicke entsprechende Zeitraum der Erdgeschichte muss von ganz ausserordentlicher Länge gewesen sein, so dass man wohl mit Recht gesagt hat, dass im Vergleich mit ihm der Anbruch des eozoischen oder algonkischen Zeitalters ein jugendliches Ereigniss darstellt.

Das Grundgebirge ist aber nicht nur die älteste und mächtigste, sondern auch weitaus die verbreitetste unter allen uns bekannten Gesteinsfolgen der Erde. In Skandinavien und Böhmen, im Himalaya, in den Anden und in Canada, kurz über alle Continente und Zonen ist es verbreitet. In manchen Gebieten, wie im arktischen Nordamerika und in Centralafrika, geht es, ohne von irgend welchen anderen Bildungen bedeckt zu werden, über Flächenräume von Tausenden von Quadratmeilen unmittelbar zu Tage aus. Aber auch dort, wo die Oberfläche von jüngeren Ablagerungen eingenommen wird, darf man annehmen, dass das Urgebirge unter jenen ohne Unterbrechung fortsetzt, so dass ein Bohrloch, wenn nur genügend tief hinabgebracht, zuletzt überall auf Urgebirge, und zwar besonders auf dessen Hauptglied, den Gneiss, stossen würde. Die Primitivgruppe ist somit die einzige Gesteinsreihe, die gleich einer Kugelschale das ganze Erdenrund umspannt, die einzige, bei der man mit vollem Rechte von einer „Ubiquität" gesprochen hat, während im Gegensatze dazu alle späteren, normalen Sedimentformationen nur eine mehr oder weniger beschränkte Verbreitung haben und sich, wie man treffend bemerkt hat, nach Art der Blätter einer Rosenknospe um den Erdkörper herumlegen.

Schon durch diese ausserordentliche Mächtigkeit und allgemeine Verbreitung unterscheiden sich die archäischen Bildungen von allen jüngeren Formationsgruppen. Dazu treten als weitere wichtige Unterschiede ihre eigenthümliche mineralische Zusammensetzung, ihre Structur und ihre Fossilfreiheit.

Für ihre Zusammensetzung kommt namentlich in Betracht, dass sie ganz überwiegend Gemenge von Quarz und Silicaten darstellen. Diese Eigenthümlichkeit bringt sie in ausgesprochenen Gegensatz zu allen jüngeren, normalen Sedimenten und in nahe Beziehung zu den Eruptivgesteinen. Denn gleich diesen bestehen sie hauptsächlich aus Quarz, Feldspath, Glimmer, den Mineralien der Augit- und Hornblendegruppe und anderen Silicaten.

Hinsichtlich der Structur der Urgebirgsgesteine ist zu bemerken, dass sie besonders durch das gleichzeitige Auftreten von Krystallinität und Schieferung ausgezeichnet sind. Diese Eigenschaft ist es, die ihnen den Namen „krystalline Schiefer" eingetragen hat, bei dessen Gebrauch man allerdings nicht vergessen darf, dass erwiesenermaassen auch in verschiedenen jüngeren Formationsgruppen infolge metamorpher Vorgänge krystalline, denen des Urgebirgs mehr oder weniger ähnliche Schiefergesteine auftreten können.

Ihren Hauptvertreter und zugleich ihren charakteristischsten Typus finden die krystallinen Schiefer im Gneiss, der gleich dem Granit ein Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer bildet, aber abweichend von jenem nicht nur ein krystallin-körniges, sondern zugleich ein schiefriges Gefüge besitzt. Er tritt in zwei Hauptabänderungen, als Glimmer- und als Hornblendegneiss auf, von welchen der erste wiederum in rothen (Muscovit-) und grauen (Biotit-) Gneiss getrennt zu werden pflegt. In inniger Verbindung mit diesen Abänderungen kommen mannigfache verwandte Gesteine, wie Granulit, Hälleflinta u. s. w. vor. Ein anderer, sehr wichtiger und verbreiteter Typus ist der Glimmerschiefer, wesentlich aus Glimmer und Quarz bestehend, zu welchen sich indess noch zahlreiche accessorische Mineralien gesellen können. Chlorit-, Hornblende-, Sericit-, Talk-, Quarzit-, Eisenglanz- und Graphitschiefer und andere verwandte Schiefergesteine stellen sehr verbreitete Begleiter des Glimmerschiefers dar.

Die mehr oder weniger allen genannten Gesteinen zukommende plane Parallelstructur wird in der Regel als etwas später Erworbenes, lediglich durch den Gebirgsdruck Erzeugtes aufgefasst. Dass aber auch die für den Gneiss und seine Begleiter so charakteristische Bankung oder Tafelstructur (Studer) in gleicher Weise nur als Druckerscheinung zu betrachten sei, ist zuerst durch Baltzer und Heim nachgewiesen worden. Der Erste zeigte, dass die Schieferung und

Plattung mancher alpinen Gneissmassive sich auch in die angrenzende Sedimentzone fortsetzen und dann deren Schichtung unter grossem Winkel durchschneiden kann. Der Letzte hat ganz neuerdings im Tessinmassiv bei Dazio Grande unweit Faido in grösster Deutlichkeit ein Zusammenfallen der Plattenfugen des Gneisses mit Schubflächen des Gebirges beobachtet [1]), so dass die Tafelstructur sich hier als ein blosses Ergebniss späterer dynamometamorpher Vorgänge zu erkennen giebt [2]).

Was endlich die Fossilfreiheit der archäischen Gesteine betrifft, so hat man diese schon seit langer Zeit angenommen. Diese Annahme ist nur vorübergehend erschüttert worden, als man Ende der 50er Jahre d. v. J. erst in Canada, dann auch in Schottland, Skandinavien und Böhmen im körnigen Kalk des Gneisses ästig verzweigte Serpentinknollen auffand, die man als Reste riesiger Foraminiferen deuten zu müssen glaubte. Seit indess Möbius durch genaue mikroskopische Untersuchung die unorganische Natur dieser mit dem Namen *Eozoon* belegten Gebilde dargethan hat, und auch andere vermeintliche Spuren von Organismen im Urgebirge sich als Täuschung erwiesen

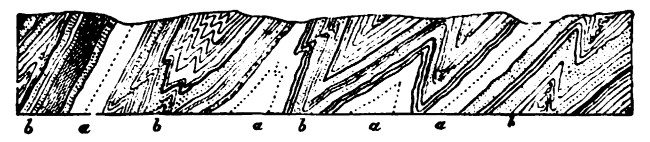


Fig. 4. Profil durch die laurentische Urgneissformation bei Grenville in Canada. Nach Logan.
a Krystallinischer Kalk. *b* Gneiss und Quarzit.

haben, muss dieses wieder wie früher als völlig versteinerungsleer betrachtet werden. Auf keinen Fall aber dürfen die gelegentlichen Kalk- und Graphitlager des Gneisses als Beweis für organisches Leben in der Urzeit angesehen werden, da Kalk wie Graphit erwiesenermaassen auch auf unorganischem Wege entstehen können, der letzte unter anderem durch Ausscheidung aus Roheisen [3]).

Gehen wir jetzt zur Betrachtung der Art des Auftretens der archäischen Gesteine über, so ist hervorzuheben, dass sie in zwei Hauptformen erscheinen:

1. setzen sie ausgedehnte, mehr oder weniger geschlossene

---

[1]) Vierteljahrsschrift d. naturf. Ges. in Zürich, XLV, 1900, S. 205.

[2]) Wie übrigens schon B. Studer, so halten noch jetzt einige Forscher (wie Salomon, Milch) sowohl die Parallelstructur als auch die Bankung der gneissartigen Gesteine für eine ursprüngliche (der Contactfläche mit den Sedimenten parallele) Erstarrungsstructur.

[3]) Vergl. die schönen Arbeiten von Weinschenk über Vorkommen und Bildung von Graphit und graphitähnlichen Stoffen im Urgebirge. Abh. d. bayer. Akad. d. Wiss. 1898, 1900.

Massen, sogen. Massive zusammen, die entweder überhaupt nie von jüngeren Ablagerungen bedeckt, oder — was in der Regel das Wahrscheinlichere ist — durch grossartige Denudationsvorgänge, durch welche alle überliegenden Sedimente abgetragen wurden, blossgelegt worden sind. In solchen Massiven bilden die Urgebirgsgesteine in der Regel eine Folge steil zusammengepresster Falten (vergl. Profil Fig. 4), seltener — wie nach Gümbel im bayerischen Walde — eine im Grossen regelmässige Aufeinanderfolge von in gleicher Richtung einfallenden Gesteinsbänken (einseitswendige Lagerungsform Gümbel's. Vergl. den Durchschnitt Fig. 5). Beispiele für diese Art des Auftretens bilden in Europa die grosse skandinavisch-finnische und die böhmisch-mährische Masse, die altkrystallinen Körper des französischen Centralmassivs, der Bretagne und Südrusslands; ausserhalb Europas die grossen Gneissgebiete von Canada, Brasilien u. a. m.

2. bilden sie die Centralketten älterer und jüngerer Kettengebirge. Sie erscheinen hier als lange, schmale Zonen, welche der bei

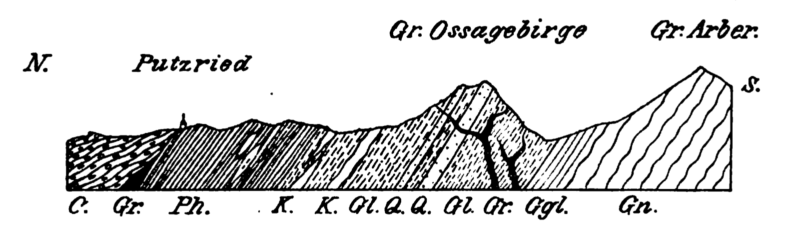


Fig. 5. Profil durch einen Theil des bayerischen Waldes. Nach Gümbel.
Gn. Gneiss. *Ggl.* Uebergang von Gneiss in Glimmerschiefer. *Gl.* Glimmerschiefer. *Gr.* Granitgänge. *Q.* Quarzitschiefer. *K.* Körniger Kalk *Ph.* Phyllit. *C.* Cambrium.

der Gebirgsbildung am höchsten aufgepressten Falte entsprechen und daher die geologische Axe der betreffenden Gebirge darstellen. Infolge der starken Zusammenfaltung ist die Stellung der Schieferplatten in solchen Centralzonen gewöhnlich eine sehr steile bis senkrechte. Die Profile Fig. 6—8, welche Durchschnitte durch einige Theile der westlichen und centralen Alpen darstellen, liefern dafür gute Beispiele. Sie zeigen zugleich im Gebirgsstocke des Mont Blanc und St. Gotthard die eigenthümliche, indess nicht nur in den Alpen, sondern auch anderweitig (Kaukasus, Himalaya) häufige Fächerstructur der zwischen jung-archäischen oder nach-archäischen Gesteinen zu Tage tretenden Gneissstöcke — eine Erscheinung, die gewöhnlich aus der Annahme erklärt wird, dass jene Fächer die Kerne von doppelt-überkippten Sattelfalten darstellen. Allein nicht immer ist die Lagerung der Gneiss- und Glimmerschiefer-Tafeln eine so steile. Vielmehr sind nicht nur in niederen Gebirgen (wie z. B. im sächsischen Granulitgebirge), sondern selbst in den Alpen

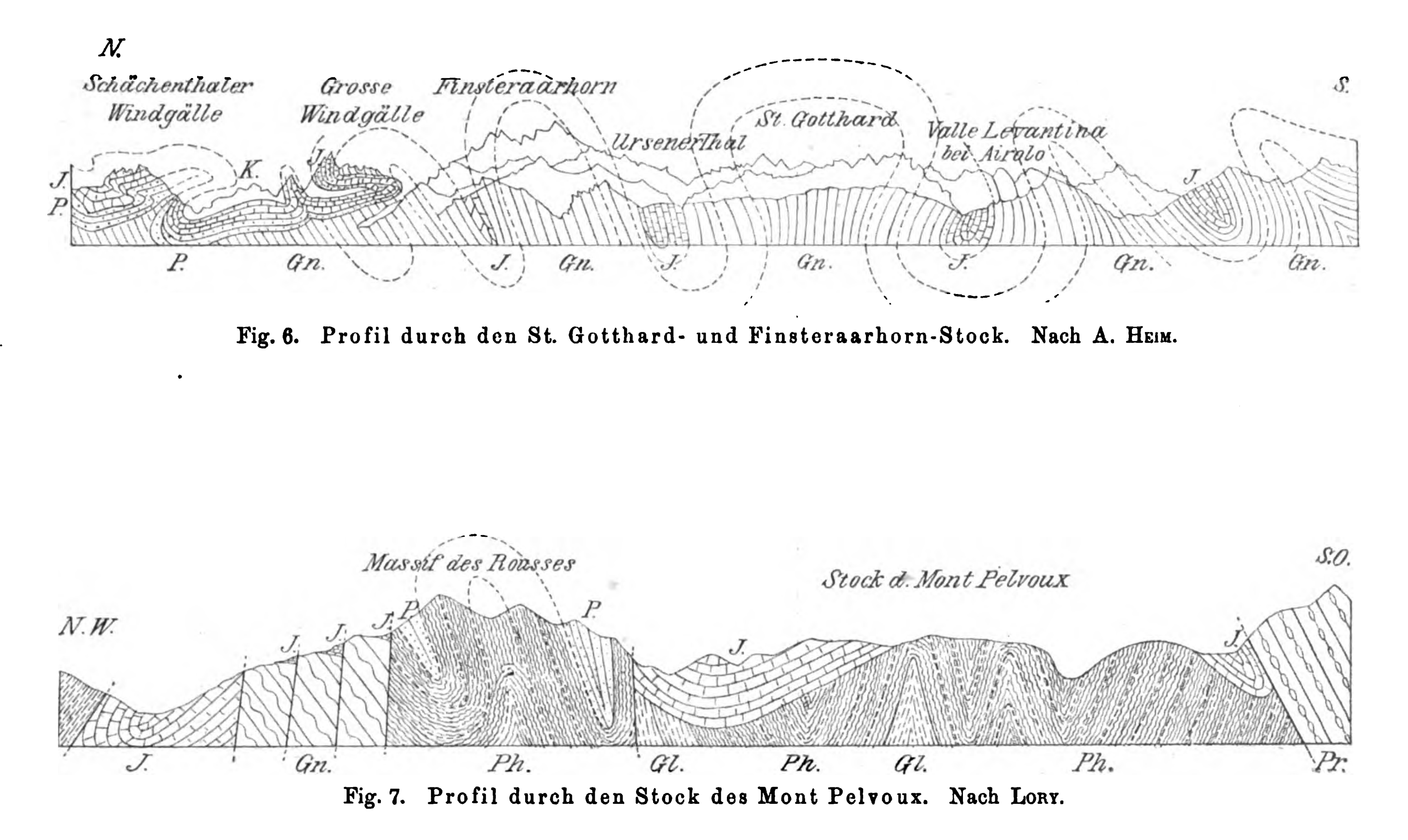


Fig. 6. Profil durch den St. Gotthard- und Finsteraarhorn-Stock. Nach A. Heim.

Fig. 7. Profil durch den Stock des Mont Pelvoux. Nach Lory.

Gn. Gneiss. *Pr.* Protogyn. *Gl.* Glimmerschiefer. *Ph.* Phyllit. *P.* Paläozoische und Trias-Gesteine. *J.* Jura. *K.* Kreide und Eocän.

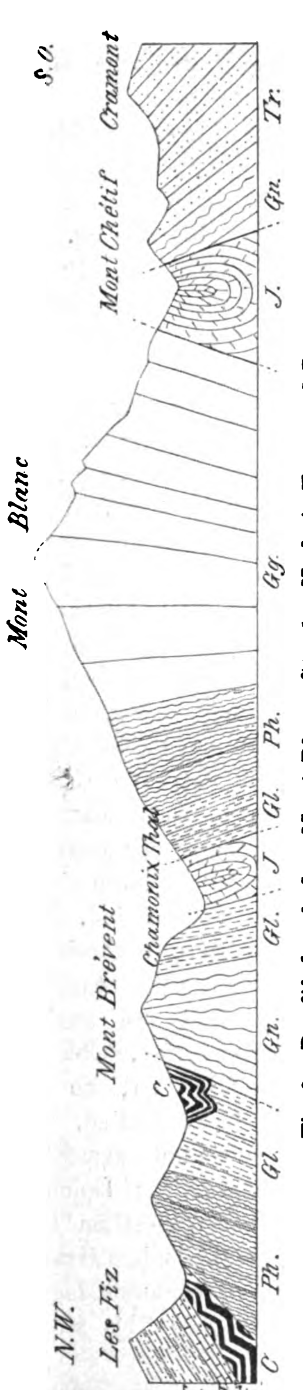


Fig. 8. Profil durch den Mont Blanc-Stock. Nach A. Favre und Lory.

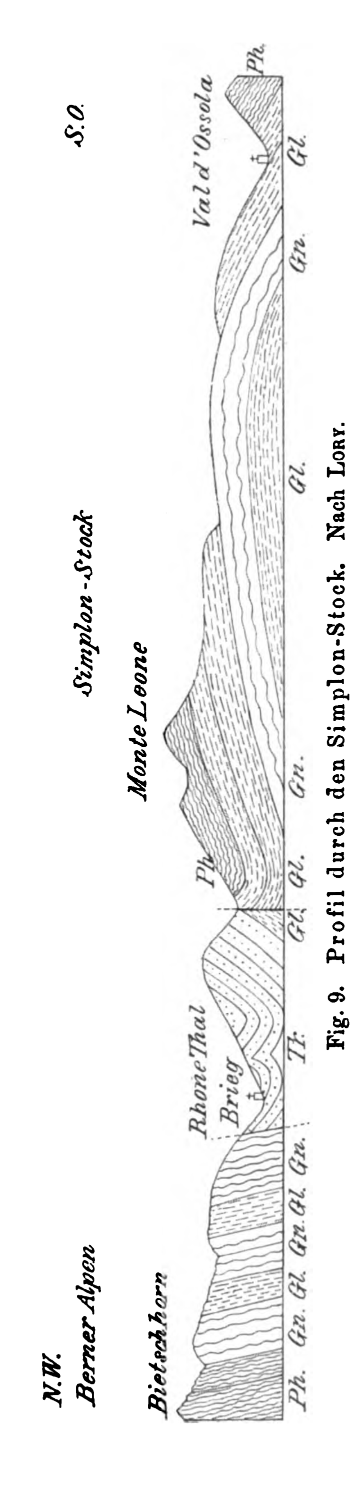


Fig. 9. Profil durch den Simplon-Stock. Nach Lory.

Gn. Gneiss. *Gg.* Granitgneiss und Protogyn. *Gl.* Glimmerschiefer. *Ph.* Phyllit. *C.* Carbon. *Tr.* Trias. *J.* Jura.
KT. Kreide und Tertiär.

(z. B. im Simplonstock, Profil Fig. 9) Fälle bekannt, wo die Faltung viel schwächer gewesen ist, so dass die Gesteine der Sattelfalten eine flachgewölbeartige oder kuppelförmige Lagerung zeigen.

Beispiele für diese zonenförmige Verbreitung des Urgebirges bietet die Centralkette der Alpen, des Atlas, Himalaya, der Anden, des appalachischen Gebirges und vieler anderer Kettengebirge. Mitunter besitzen diese archäischen Schieferzonen eine sehr beträchtliche Erstreckung. So hat z. B. die krystallinische Schieferzone, welche das geologische Rückgrat der appalachischen Alpen bildet, eine vom Staate Georgia bis an die Mündung des Lorenzstromes reichende, d. h. über 2000 km betragende Länge.

Einerlei aber, ob die Urgebirgsgesteine in Massiven oder in den Centralaxen der Faltungsgebirge auftreten, überall sind sie stark aufgerichtet, gefaltet, gestaucht, zerrissen, verworfen, überschoben, kurz im höchsten Grade gestört. Diese Störungen zeigen sich sowohl im Grossen wie im Kleinen in zahllosen, die Urgesteine nach allen Richtungen durchsetzenden Spalten, Klüften und Rutschflächen, in der Streckung und Zerreissung der Gemengtheile, in der oft sehr ausgesprochenen Feinfältelung des Gesteins oder seiner Umformung in eine Art Breccie, deren Bruchstücke in einander geknetet und gegenseitig verschoben erscheinen. Aehnliche dynamometamorphe Umwandlungen sind auch bei jüngeren Gesteinen, namentlich solchen des Eozoicums und Paläozoicums anzutreffen, aber nirgends in solcher Verbreitung und Stärke wie hier. Es kann das übrigens auch gar nicht Wunder nehmen, wenn man erwägt, dass die Primitivgebilde nicht nur an allen Störungen der jüngeren Sedimentreihen theilnehmen mussten, sondern ausserdem noch von vielen anderen älteren Bewegungen der Erdkruste betroffen worden sind.

Allenthalben, wo archäische Bildungen eine grössere Verbreitung besitzen, beobachtet man entweder ein ganz ausgesprochenes Vorherrschen des Gneisses oder einen oft vielhundertfältigen Wechsel von gneissartigen Gesteinen mit Glimmerschiefern, Hornblendeschiefer, Chloritschiefer und ähnlichen Gesteinen. Dazu treten besonders da, wo der Gneiss herrschend ist, noch andere, mehr massige Gesteinsarten, wie Granitgneiss, Amphibolit, Eklogit, Serpentin u. s. w., sowie untergeordnete Linsen und Lager von körnigem Kalk (sogen. Urkalk), von Dolomit, Magneteisen oder anderen Erzen. Zu diesen Gesteinen gesellen sich endlich in vielen Fällen noch alte Eruptivgesteine, wie besonders Granit, Granitit, Syenit, Diorit, Gabbro u. s. w., theils in ausgedehnten lagerförmigen Massen, theils in grösseren oder kleineren gang- bis stockförmigen Partien.

Dass bei dieser mannigfaltigen und wechselvollen Zusammensetzung die Gliederung des Urgebirges ungemein schwierig sein muss, liegt

auf der Hand. Und das um so mehr, als die für die Eintheilung der späteren Sedimentformationen so wichtigen Versteinerungen hier fehlen und die Lagerungsverhältnisse in der Regel so gestört und durch spätere Dynamometamorphose verdeckt sind, dass ein auf sie gestützter Gliederungsversuch kaum Aussicht auf Erfolg versprechen würde. Man hat sich daher bisher im Wesentlichen damit begnügen müssen, in jedem Gebiete nach petrographischen Merkmalen einzelne Gruppen zu unterscheiden, die aber natürlich meistens nur von örtlicher Bedeutung sein können. Nur das Eine wiederholt sich in so vielen, weit von einander getrennten Gebieten, dass darin ein allgemeines Gesetz zum Ausdruck zu kommen scheint, nämlich dass im unteren Theil der Gesteinsreihe Gneiss und gneissartige Gesteine entschieden die Oberhand haben, während im oberen Glimmerschiefer und verwandte Schiefer überwiegen. So in Sachsen, in der Bretagne, in Skandinavien, in vielen Gegenden Amerikas u. s. w.

Trotz dieser ungewöhnlich grossen, sich der Eintheilung des Urgebirges entgegenstellenden Schwierigkeiten sind die ersten Gliederungs-

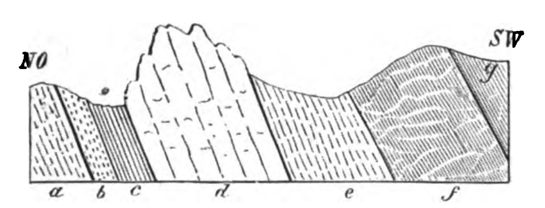


Fig. 10. Profil durch den Pfahl im ostbayerischen Grenzgebirge. Nach Gümbel. *a* Gneissgranit. *b* Hälleflinta. *c* Schieferige Hälleflinta. *d* Gangquarz des Pfahl. *e* Augengneiss. *f* Normaler, *g* flaseriger Gneiss.

versuche des Archaïcums fast so alt wie die geologische Wissenschaft selbst, da schon die deutschen Geologen aus der Mitte des 18. Jahrhunderts eine ältere gneissartige und eine jüngere glimmerschieferartige Reihe unterschieden haben.

In den folgenden 100 Jahren wurde das Studium der archäischen Gesteine ganz vernachlässigt. Erst in der Mitte der 50er Jahre d. v. J. nahmen W. Logan und Sterry Hunt ausgedehnte Untersuchungen des canadischen Urgebirges vor und trennten dort ein älteres, wesentlich aus Gneiss bestehendes Laurentian von einem jüngeren, überwiegend aus Glimmerschiefern und Phylliten zusammengesetzten Huron. Nur die ältere von diesen beiden, durch eine grosse Lagerungsdiscordanz getrennten Gesteinsreihen ist wirklich azoisch, während die jüngere, die viele deutlich klastische Gesteine sowie Spuren von Versteinerungen enthält, dem Algonkian zuzurechnen ist. Nach neueren Untersuchungen scheidet sich der azoische Gesteinscomplex in Nordamerika meist ziem-

lich deutlich in eine tiefere, aus hellfarbigen Gneissen aufgebaute Abtheilung und eine höhere, dunklergefärbte, die neben Gneissen aus Glimmer- und Hornblendeschiefer zusammengesetzt ist.

Etwa zu derselben Zeit wie Logan begannen v. Hochstetter, Jokéli und andere österreichische Geologen ihre umfassenden Untersuchungen des böhmischen Urgebirgsmassivs. Noch wichtiger aber sind die ausgedehnten, in den 60er Jahren von Gümbel im bayerischen Waldgebirge unternommenen Forschungen geworden. Gümbel [1]) zerlegte die Gesammtheit des dortigen Urgebirges in die drei Hauptabtheilungen: Gneiss, Glimmerschiefer und Phyllit und trennte innerhalb des ersten eine ältere, kalkfreie bojische Stufe von einer jüngeren kalk- und graphitführenden hercynischen Stufe. Zu ganz ähnlichen Ergebnissen gelangten später im benachbarten Erzgebirge die sächsischen Landesgeologen. Herm. Credner theilt das dortige Urgebirge in eine ältere Urgneissformation, entsprechend dem amerikanischen Laurentium, und eine jüngere Urschieferformation, die dem Huron verglichen wird [2]).

In England hatte Rod. Murchison schon gegen Ende der 50er Jahre den Gneiss der schottischen Hochlande als „Fundamentalgneiss“ bezeichnet und dem laurentischen Gneisse Logan's parallelisirt. In Wales soll, ähnlich wie in Böhmen, der tiefere Theil des Gneisses durch Kalkfreiheit, der obere durch Kalkführung ausgezeichnet sein.

Von besonderer Wichtigkeit ist natürlich in allen azoischen Gebieten die Abgrenzung der Primitivgesteine gegen die überliegenden jüngeren Bildungen, mögen diese azoischen oder sonstigen Alters sein.

In Nordamerika, wo archäische Gesteine eine besonders grosse Verbreitung haben, lässt sich nach v. Hise in der Regel zwischen Archaïcum und Algonkian eine grosse trennende Discordanz beobachten. Im Gebiete des Oberen Sees und anderwärts tritt diese Discordanz dadurch besonders deutlich hervor, dass das Algonkian mit mächtigen Geröllschichten, dem sogen. Basalconglomerat beginnt, das aus den Trümmern der unterliegenden, steil aufgerichteten Gneisse und sonstigen azoischen Gesteine besteht. Man muss in solchen Fällen annehmen, dass die beiden einander berührenden Gesteinscomplexe im Alter sehr verschieden sind. Denn zwischen der Entstehungszeit der älteren und der jüngeren Reihe muss ein Zeitintervall liegen, dessen Länge dazu ausreichte, dass die ältere Reihe gefaltet und unter Umständen metamorphosirt, über den Meeresspiegel erhoben und theilweise abgetragen

---

[1]) Geognost. Beschreibung des ostbayer. Grenzgebirges, 1868.

[2]) Elemente d. Geologie, 7. Aufl., 1891, 369.

werden konnte, so dass ihre Trümmer das Material für die Conglomerate an der Basis der jüngeren Reihe lieferten. Allerdings hat man eine derartige trennende Discordanz nicht in allen Theilen Nordamerikas nachweisen können. In einigen Gegenden, wie in der Front Range in Colorado, hat es sogar den Anschein, als ob die azoischen Gebilde nach oben ohne jede Grenze ins Algonkian übergingen [1]). Dass in solchen Fällen die Scheidung des Azoicums vom Eozoicum mit ausserordentlichen Schwierigkeiten verknüpft ist, braucht kaum hervorgehoben zu werden.

In Europa ist unseres Wissens bisher nur in England und Norwegen eine scharfe Abgrenzung des Azoicums nach oben möglich gewesen. Auch in Wales sind nach H. Hicks die Gneisse des sogen. Lewisian durch einen deutlichen Conglomerathorizont von den überliegenden eozoischen Ablagerungen, die mit dem sogen. Dimetian beginnen, getrennt. Im erzgebirgisch-fichtelgebirgischen Gebiete soll dagegen ein ganz ähnlicher, unmerklicher Uebergang des Gneisses in Glimmerschiefer und Phyllite stattfinden, wie in der Front Range in Colorado.

Anschauungen über die Bildungsweise der Urgebirgsgesteine.

Wenn wir nach vorstehenden Mittheilungen zur Beantwortung der schwierigen Frage übergehen, in wie weit die Urgebirgsgesteine Merkmale zeigen, die uns berechtigen, sie für wirkliche Primitivgebilde zu halten, so muss zunächst hervorgehoben werden, dass jene Gesteine den Voraussetzungen der Theorie wenigstens insofern entsprechen, als zwei von dieser geforderte Haupteigenschaften, die Fossilfreiheit und die Krystallinität, ihnen in der That in vollstem Maasse zukommen [2]).

Für die weiteren Erörterungen wird es sich empfehlen, obige Frage in die beiden Theilfragen zu zerlegen: 1. Kennen wir Gesteine, die wir als Reste der Erstarrungskruste deuten dürfen? und 2. Giebt es solche, die wir dem jüngeren, oceanischen Abschnitte des Azoicums zuschreiben dürfen?

Was die erste Frage betrifft, so lässt sich nur sagen, dass wenn überhaupt irgend ein Urgebirgsgestein von der Erstarrungsrinde der Erde abgeleitet werden darf, dies nur der Gneiss sein kann. Dafür sprechen einmal schon seine oben nachdrücklich hervorgehobene all-

---

[1]) v. Hise, l. c. S. 487.

[2]) Die bekannten geröllführenden Glimmerschiefer (oder gar Gneisse) von Mittweida in Sachsen, die Sauer beschrieben hat (Zeitschr. f. d. ges. Naturw. Bd. LII, S. 706, 1879) können wir ebensowenig wie andere ähnliche Conglomeratvorkommen als archäisch anerkennen, sondern halten sie mit Hughes (Qu. J. Geol. Soc. London 1888, S. 20) für metamorphes Eozoicum oder Palaeozoicum.

gemeine Verbreitung sowie die erstaunliche Gleichartigkeit, mit der er in allen Theilen der Welt entwickelt ist. Nicht minder aber sprechen zu Gunsten solcher Anschauung auch seine Zusammensetzung und Structur, die durchaus unseren Vorstellungen von der Beschaffenheit der ersten Erstarrungsdecke des Erdkörpers entsprechen.

Die Zusammensetzung der Erstarrungsrinde kann nämlich stofflich kaum wesentlich verschieden gewesen sein von der des ältesten, sie durchbrechenden Eruptivgesteins, und das war der vom Gneiss nur structurell verschiedene Granit. Man hat auch ganz richtig gesagt, dass wenn wir alle Gesteine der Rinde zusammenschmelzen könnten, wir ein ungefähr der ursprünglichen Erstarrungsdecke ähnliches Gebilde erhalten würden. Dass wir aber in solchem Falle ein ungefähr der Durchschnittszusammensetzung der Gneisse entsprechendes saures Silicat erhalten würden, steht bei der ausserordentlichen Verbreitung des Quarzes wohl ausser Frage.

Auch eine andere Ueberlegung führt zum gleichen Schluss. Da nämlich die Dichtigkeitsverhältnisse der Erde zu der Annahme zwingen, dass die sie zusammensetzenden Massen nach ihrem specifischen Gewicht über einander geordnet sind, und diese Anordnung sich nur zu einer Zeit vollzogen haben kann, als der Erdkern sich noch in plastischem, heissflüssigem Zustand befand, so wird man von vornherein annehmen dürfen, dass die erste Erstarrungskruste aus solchen Materialien bestand, deren chemische Bestandtheile die specifisch leichtesten sind. Zu diesen aber gehören ausser denjenigen Verbindungen, welche auch nach der Bildung der Erstarrungsrinde noch in Dampfform verblieben, wie Kohlensäure, Wasser u. a. m., vor allen die Kieselsäure, die Thonerde, die Alkalien und ein Theil der alkalischen Erden. Dies sind aber alles die Bestandtheile derjenigen Mineralien, welche den Gneiss zusammensetzen.

Wie die Zusammensetzung so kann auch die Structur der Erstarrungsrinde nicht wesentlich verschieden gewesen sein von der des Gneisses. Natürlich müssen wir dabei an Gneiss in seiner ursprünglichen Beschaffenheit denken, also ein Gestein, das nur krystallin-körnig, nicht auch schiefrig war, da das schiefrige Gefüge nach allgemeiner Annahme eine erst später erworbene Eigenschaft des Gneisses darstellt. Es ist schon wiederholt auf die grosse Verschiedenheit der Bedingungen hingewiesen worden, unter denen sich die erste Erstarrungskruste der Erde und die Ergussgesteine späterer Perioden der Erdgeschichte gebildet haben. Es ist betont worden, dass bei der hohen Temperatur und dem hohen Druck der Atmosphäre in der Urzeit das Magma nur mit äusserster Langsamkeit erstarren konnte und daher ein vollkrystallines Gefüge annehmen musste, ähnlich dem der späteren Tiefenerstarrungsgebilde. Wenn daher einige Geologen im Mangel aller schlackigen und tuffigen

Bildungen in der Begleitung des Gneisses einen Beweis gegen seine Deutung als Erstarrungsdecke zu finden geglaubt haben, so sind sie sehr im Unrecht gewesen: bei dem damaligen Atmosphärendruck erscheint vielmehr jede Gasentbindung aus dem sich verfestigenden Magma und damit jede Möglichkeit der Bildung schlackiger und tuffiger Gesteine als ausgeschlossen.

Nach diesen Ausführungen kann es nicht Wunder nehmen, wenn die Meinung, dass wenigstens ein Theil des Gneisses, wie z. B. der tiefste granitähnliche Gneiss Finnlands, den SEDERHOLM [1]) als katarchäisch bezeichnet, von der Erstarrungsrinde der Erde abzuleiten sei, bis vor kurzem zahlreiche Anhänger hatte. Erst eine Reihe von Arbeiten der allerneuesten Zeit, die besonders ROSENBUSCH und SAUER zu verdanken sind, haben jene Ueberzeugung bei vielen Forschern ins Wanken gebracht.

Diese schönen, sich auf ausgedehnte Beobachtungen im Felde wie im Laboratorium stützenden Untersuchungen haben nämlich ergeben, dass alle überhaupt untersuchten Gneisse entweder dynamometamorph veränderte Granite und verwandte Eruptivgesteine oder aber metamorphosirte Sedimente darstellen.

So verhält es sich z. B. mit den bisher wohl allgemein als ächte Primitivgesteine angesehenen Gneissen des Schwarzwaldes. Nach den beiden genannten Forschern gehören sie zwei scharf getrennten Typen an. Der erste, die Rench-Gneisse, ist ausgezeichnet durch eine sehr schwankende chemische Zusammensetzung, einen häufigen Wechsel in der Structur und petrographischen Beschaffenheit, zahlreiche quarzitische und kalkige Einlagerungen und häufige kohlige Beimengungen. Der zweite, die Schapbach-Gneisse, zeichnet sich aus durch eine ganz gesetzmässige chemische Zusammensetzung, eine sich sehr gleichbleibende Structur und petrographische Beschaffenheit und das Fehlen von kohligen Beimengungen. Nach ROSENBUSCH sind die Rench-Gneisse nichts als umgewandelte Sedimentgesteine (sogen. Paragneisse), die Schapbach-Gneisse dagegen umgewandelte Eruptivgesteine (Orthogneisse) [2]).

Hier wie anderweitig giebt sich die eruptive Natur der Orthogneisse deutlich kund in der Contactmetamorphose der mit ihnen in Berührung tretenden ehemaligen Sedimentgesteine — so sind die granatführenden Kinzigit-Gneisse nur eine contactmetamorphe Facies der Rench-Gneisse. In anderen Gegenden ergiebt sich der eruptive Charakter der betreffenden Gneisse aus gangartigen Apophysen und dem Vorkommen

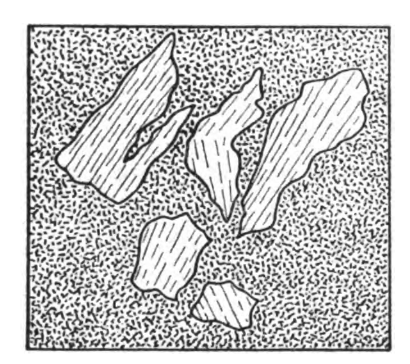
[1]) Bulletin de la commiss. géol. de la Finlande, Nr. 6, 1897.

[2]) ROSENBUSCH, Studien im Gneissgebirge d. Schwarzwaldes. Abh. d. bad. geol. Landesanst. Bd. IV, I, 1899. — Vergl. auch desselben Elemente der Gesteinslehre, 1. Aufl., 1898, S. 467.

von contactmetamorphen Einschlüssen fremder Gesteine noch handgreiflicher (vergl. Fig. 11).

Zu ganz ähnlichen Ergebnissen wie im Schwarzwald haben am Mont Blanc, am Monte Rosa, im sogen. Aarmassiv und in anderen Punkten die Untersuchungen von Duparc [1]), Sauer [2]), Milch [3]) u. A. geführt: überall haben sich die Gneisse entweder als veränderte Eruptivgesteine oder als umgewandelte Sedimente erwiesen, während man bisher noch keinen Gneiss angetroffen hat, der mit Sicherheit auf die Erstarrungskruste der Erde bezogen werden dürfte.

Wenn man nun auch vielleicht gegen dies Letzte geltend machen könnte, dass nach den Bedingungen, die bei Bildung der Erstarrungskruste geherrscht haben müssen, gar nicht zu erwarten ist, dass diese eine wesentlich andere Beschaffenheit annahm wie ein vollkrystalliner Granit, so wird doch die Sache dadurch noch bedenklicher, dass durch



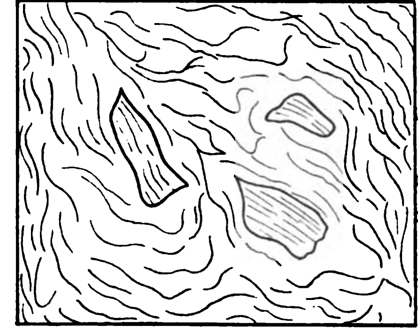


Fig. 11. Marmor- und Schiefereinschlüsse im Orthogneiss von Innertkirchen im Berner Oberland. Nach A. Sauer.

andere neuere Arbeiten festgestellt worden ist, dass **wenigstens ein Theil der Granite, welche jetzt als Gneisse vorliegen, nicht azoisch, sondern jünger (in manchen Fällen carbonisch) ist.** Dies letzte Alter hat z. B. Duparc für die Gneisse des Mont Blanc nachgewiesen; und ebenso verhält es sich nach Ch. Barrois mit den Gneissen der Bretagne, die nur aus der Metamorphose eozoischer Schiefer durch carbonischen Granit hervorgegangen sind [4]). Unsere Abbildung Fig. 12 lässt deutlich erkennen, wie die alten Thonschiefer des sogen.

---

1) Duparc & Mrazec, Recherches géol. et pétrogr. sur le massif du Mont Blanc, 1898.

2) Sauer, Beob. im Aar-Massiv. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1900, II, S. 729.

3) Milch, N. Jahrb. f. Min. 1901, I, S. 49.

4) Sketch of the geology of centr. Brittany, 1899. — Livret-guide du 8. congrès géol. internat. à Paris, 1900, Nr. VII, Bretagne.

Briovérien mit Annäherung an den Granit in glimmerige Schiefer und weiterhin allmählich in Gneiss übergehen.

Wenn es nach diesen Ergebnissen scheinen könnte, als ob in der Urzeit entstandene Gneisse überhaupt nur noch in der Theorie existirten, so muss andererseits doch darauf hingewiesen werden, dass wenigstens ein Theil der amerikanischen und englischen Gneisse nach wie vor dem Azoicum zugerechnet werden darf. Denn das schon oben erwähnte Vorkommen von Geröllen von Gneiss mit allen Eigenschaften des darunter anstehenden geschlossenen Gneisses in den Basalconglomeraten des Algonkians lässt einzig und allein die Auslegung zu, dass diese Gneisse ihre heutige Beschaffenheit schon in voralgonkischer Zeit erlangt hatten.

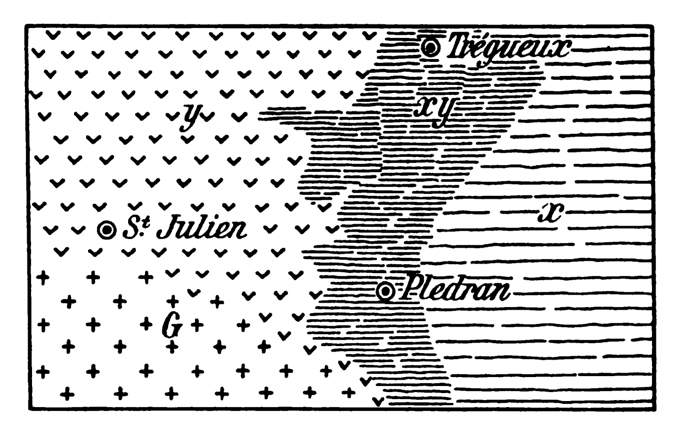


Fig. 12. Uebergang eozoischer Thonschiefer (x) durch glimmerige, phyllitartige Schiefer (xy) in granulitischen Gneiss (y) im Contact mit Granit (G). Trégueux in der Bretagne. Nach Ch. Barrois.

Wenn wir so auf die Frage, welche Gesteine wir als Reste der Erstarrungskruste zu deuten haben, keine recht befriedigende Antwort zu geben vermochten, so gilt dies leider in noch höherem Maasse von der zweiten oben gestellten Frage, welche Gesteine dem jüngeren, oceanischen Abschnitt der azoischen Aera zugerechnet werden dürfen. Da die obere Abtheilung des Azoicums vorwiegend aus glimmerschieferähnlichen Gesteinen aufgebaut ist, so liegt es nahe, die oceanischen Ablagerungen der Urzeit unter diesen Gesteinen zu suchen. Bedauerlicher Weise aber ist hier die Unsicherheit noch eine weit grössere als beim Gneiss; vor allem deshalb, weil glimmerschieferartige Gesteine in viel grösserem Umfange als gneissartige an der Zusammensetzung jüngerer Sedimentformationen, zumal solcher eozoischen und paläozoischen Alters, Antheil nehmen.

Versuchen wir zum Schluss das Ergebniss aller vorstehenden Ausführungen zu ziehen, so lässt sich aussprechen, dass das azoische Alter eines gegebenen Gneisses oder anderen krystallinen Schiefergesteins nur da als völlig gesichert gelten darf, wo diese Gesteine mit unzweifelhafter Discordanz von eozoischen Schichten überlagert werden. Dies trifft glücklicher Weise für ausgedehnte Theile Nordamerikas und, wie es scheint, auch für einige andere Gegenden zu. Bei der grossen Uebereinstimmung, welche diese ächten Urgesteine mit Gneissen und Glimmerschiefern anderer Gebiete zeigen, die in ähnlich tiefer Lage unter algonkischen oder cambrischen Ablagerungen auftreten, aber durch keinen deutlichen Hiatus von diesen jüngeren Bildungen getrennt erscheinen, werden wir indess, solange nicht das Gegentheil bewiesen ist, auch für diese Gesteine ein azoisches Alter zum Mindesten für wahrscheinlich halten können. Wir nehmen dabei an, dass selbst sehr bedeutende ursprüngliche Discordanzen durch nachfolgende starke Faltungen leicht bis zur Unkenntlichkeit verwischt werden können. Daraus möchten wir die scheinbar gleichförmige und innige Verknüpfung von Gneiss, Glimmerschiefer, womöglich auch noch von Algonkian und Cambrium in manchen Gegenden erklären. Der nordamerikanische Geologe Karl Gilbert dürfte unseres Erachtens ganz Recht haben, wenn er die Discordanz zwischen Azoicum und den nachfolgenden klastischen Sedimentformationen nicht nur für die grösste überhaupt vorhandene erklärt, sondern auch ihr eine universelle Bedeutung zuschreibt [1]).

[1]) Nature, 18. Jan. 1883, S. 261. Es sei bei dieser Gelegenheit daran erinnert, dass in den Appalachen das Archaïcum so innig mit dem überliegenden Cambrium verbunden erscheint, dass es lange unmöglich war, zwischen beiden eine Grenze zu finden. Erst Dank den unermüdlichen Bemühungen von Pumpelly und Anderen gelang es schliesslich doch, zwischen beiden Gesteinsreihen eine trennende Discordanz zu entdecken (van Hise, a. a. O., S. 487).

II. Eo- oder archäozoische Formationsgruppe.

(Algonkian, Präcambrium.)

Benennung und allgemeine Eigenschaften der eozoischen Gesteinsserie.

Die hier als eozoisch bezeichnete Gesteinsreihe ist mit sehr verschiedenen Namen belegt worden. So mit den auf unsere noch sehr dürftige Kenntniss ihres organischen Inhalts anspielenden Namen agnotozoisch und kryptozoisch und dem sich auf das hohe Alter der betreffenden Lebewesen beziehenden Namen proterozoisch. Der ähnliche Ausdruck archäozoisch empfiehlt sich dadurch, dass er zugleich an die grosse Aehnlichkeit erinnert, welche die eozoische Gesteinsfolge vielfach mit der archäischen zeigt. Andere gleichbedeutende Benennungen sind eparchäisch, präcambrisch und algonkisch. Gegen den viel gebrauchten Ausdruck Präcambrium ist einzuwenden, dass ja auch das Archaïcum präcambrisch ist. Die Bezeichnung Algonkian (nach einem nordamerikanischen Indianerstamm) endlich wurde Ende der 80er Jahre von der geologischen Landesanstalt der Vereinigten Staaten als Ersatz für den älteren, von W. Dawson herrührenden, aber infolge mehrfacher irrthümlicher Anwendung missliebig gewordenen Namen Huron vorgeschlagen.

Die eozoische Gesteinsgruppe umfasst alle in nacharchäischer Zeit und vor Anbruch der cambrischen Periode entstandenen Sediment- und Eruptivgesteine. Sie erweist sich dementsprechend allenthalben als ein oft ungemein mächtiger, zwischen Urgebirge und Paläozoicum eingeschobener Schichtencomplex. Die stratigraphische Unabhängigkeit dieses Complexes gegenüber dem Archaïcum und Paläozoicum ergiebt sich an vielen Orten aufs Deutlichste aus grossen, ihn nach unten und oben begrenzenden, oft mit Conglomeratbasen verbundenen Discordanzen, die hier dieselbe Bedeutung haben wie beim Urgebirge. Wo solche Discordanzen fehlen oder verwischt sind, da ist die Abgrenzung des Eozoicums oft mit grossen Schwierigkeiten verknüpft.

Gegenüber den archäischen Gesteinen zeichnen sich die eozoischen

durch ihre in vielen Fällen unverkennbar klastische Beschaffenheit aus. Die hier auftretenden Conglomerate, Sandsteine, Grauwacken, Quarzite, Hornsteine, Thonschiefer, Kalksteine, Dolomite u. s. w. unterscheiden sich nicht oder kaum von solchen jüngerer Aeren und sind ein Beweis, dass die Sedimentbildung in jenen urgrauen Zeiten unter wesentlich ähnlichen Bedingungen vor sich ging wie später. Auch das in eozoischen Sandsteinen nicht seltene Vorkommen von Wellenfurchen, Trocknungsrissen, Kriechspuren und Diagonal- und Kreuzschichtung ist in dieser Hinsicht von Wichtigkeit. Allerdings haben die archäozoischen Sedimente ihre klastische Beschaffenheit keineswegs in allen Fällen bewahrt. Infolge ihres hohen Alters sind sie vielmehr oftmals, ähnlich wie die archäischen Gebilde, von dynamometamorphen Umwandlungen betroffen und dadurch unter Umständen so krystallin geworden, dass sie nur mit grosser Schwierigkeit oder überhaupt nicht von dem unterliegenden Urgebirge unterschieden werden können.

Ein anderer nicht minder wichtiger Unterschied von den archäischen Gesteinen liegt in der Fossilführung der eozoischen Sedimente. Allerdings sind die Versteinerungen hier noch ausserordentlich selten. Es liegt das weniger an unserer ungenügenden Kenntniss der archäozoischen Formationen als daran, dass die Fossilien durch spätere metamorphische Vorgänge mehr oder minder unkenntlich geworden sind. Infolge dessen ist unser Wissen von der archäozoischen Lebewelt, die als die erste der Erde ein ganz besonderes Interesse beanspruchen darf, noch überaus dürftig. Immerhin ist es bereits an den verschiedensten Punkten gelungen, Spuren von Fossilien aufzufinden, und nach den beim Cambrium gemachten Erfahrungen darf man an der Hoffnung festhalten, dass unsere Kenntniss der algonkischen Fauna sich mit der Zeit noch erheblich erweitern wird. Die bis jetzt bekannt gewordenen Ueberreste weisen auf das Vorhandensein folgender Thierklassen in jenen altersgrauen Zeiten hin: Protozoen, Cölenteraten, Würmer, Mollusken, Molluscoideen, Arthropoden und Echinodermen.

Eine weitere bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit der eozoischen Gesteinsserie liegt in der grossen Rolle, welche für deren Aufbau Eruptivgesteine, hauptsächlich in Form von weitausgedehnten und mächtigen, oft von Tuffen und Agglomeraten begleiteten Deckenergüssen, aber auch als gang- oder stockförmige, die Schichten durchsetzende Massen spielen. Besteht doch die gewaltige, örtlich über 10,000 m dicke untere Keweenawan-Formation des Lake Superior-Gebietes fast ganz aus über einander gehäuften Eruptivdecken!

Was die Tektonik betrifft, so giebt es zwar Gebiete, in denen die algonkischen Gesteine bis auf den heutigen Tag nahezu ihre ursprüngliche, horizontale Lage bewahrt haben — und zwar gilt dies in

bemerkenswerther Weise besonders für verschiedene mächtige, fossilfreie Sandsteinbildungen; im Allgemeinen aber lässt sich aussprechen, dass die Lagerung des Eozoicums fast ebenso gestört zu sein pflegt wie die des Urgebirges. Da zu dieser verwickelten Tektonik in vielen Fällen noch tiefgehende dynamische Umwandlungen hinzutreten und Fossilien überall äusserst selten sind, so lässt sich begreifen, dass die sich dem Studium der eozoischen Serie entgegenstellenden Schwierigkeiten kaum geringer sind als beim Archaïcum. Auch hier ist man bei allen Gliederungsversuchen wesentlich auf petrographische Merkmale angewiesen, und auch hier können die in jedem Einzelgebiete unterschiedenen Abtheilungen, selbst wenn sie sich über grosse Flächen verfolgen lassen, immer nur eine mehr oder weniger örtliche Bedeutung beanspruchen. Daraus erklärt sich die übergrosse Zahl der gerade für das Eozoicum aufgestellten Formations- und Stufennamen.

Nächst der Abgrenzung nach unten und oben ist von besonderer Wichtigkeit die Ermittelung etwaiger Discordanzflächen innerhalb der algonkischen Gesteinsfolge. Solche haben sich nun fast in allen ausgedehnteren archäozoischen Gebieten auffinden lassen und sind neben petrographischen Unterschieden überall ein Haupthilfsmittel für die Eintheilung der betreffenden Schichtenreihen gewesen. Sie sind aber auch insofern von grosser Bedeutung, als sie den Beweis liefern, dass die eozoische Serie nicht etwa blos den Werth einer einzelnen Formation, wie das Carbon oder die Trias, hat, sondern die Bedeutung einer ganzen Formationsgruppe, wie die paläozoische und mesozoische, besitzt. In vielen Gebieten haben sich zwei, in anderen noch mehr solche, durch grosse Discordanzflächen getrennte eozoische Formationen nachweisen lassen.

Wenn schon diese Thatsache, ebenso wie die grosse Mächtigkeit des Archäozoicums, auf eine ungeheure Länge des dieser Gesteinsfolge entsprechenden Zeitabschnittes der Erdgeschichte hinweist, so thut dies in gleicher Weise die Beschaffenheit der cambrischen Fauna. Diese zeigt nämlich eine solche Mannigfaltigkeit und Organisationshöhe, dass die Annahme, dass unermessliche Zeiträume verflossen seien, ehe sich das organische Leben von seinen ersten Anfängen [1])

[1]) J. Dana unterscheidet (Manual of Geology, 4. edit., p. 441) 1. era of the first plants (Bacterien, Algen, Pilze), etwa beginnend mit einer Oberflächentemperatur der Oceane von 180° F. = 82° C., und 2. era of the first animals, beginnend mit 120° F. = 49° C. Ganz abgesehen aber davon, dass bei den ersten Lebewesen der Erde die Unterscheidung von Thier oder Pflanze kaum möglich gewesen sein dürfte, muss auch daran erinnert werden, dass in den Geisirn Islands noch bei 83°, in denen des nordamerikanischen Nationalparks sogar noch bei 85° Algen vegetiren und dass nach neueren Arbeiten Flagellatenculturen an Temperaturen bis zu 70° C.



bis zu dieser Höhe entwickeln konnte, ganz unabweisbar erscheint. Und so haben denn auch amerikanische und russische Geologen die Vermuthung ausgesprochen, dass die gesammte nachalgonkische Zeit an Länge hinter der algonkischen zurückbleibe.

Verbreitung und Zusammensetzung der eozoischen Formationsgruppe.

Seine grösste Verbreitung hat, soweit bis jetzt bekannt, das Eozoicum in **Nordamerika,** wo es sowohl in Canada als auch in den Vereinigten Staaten sehr bedeutende Flächen einnimmt und bereits seit mehr als zwei Menschenaltern durch zahlreiche Geologen studirt worden ist, so dass es als verhältnissmässig gut gekannt gelten darf[1]).

In Canada haben Will. Logan und Murray schon gegen Ende der fünfziger Jahre im Norden des Huron-Sees einen über 5000 m mächtigen, ungleichförmig über dem archäischen Laurentium folgenden, verhältnissmässig wenig metamorphosirten Complex von Conglomeraten, Grauwacken, Quarziten, Schiefern, Hornsteinen, Kalken und Eisensteinen mit zahlreichen darin eingeschalteten Lagern von Diabas und anderen Eruptivgesteinen als Huron ausgeschieden. Neuere Untersuchungen haben gelehrt, dass diese auch durch eine grosse Discordanz vom überliegenden Cambrium (Potsdam-Sandstein) getrennte Schichtenreihe durch eine weitere Discordanz in zwei grosse, selbständige Formationen zerfällt, das etwa 1500 m mächtige Unter-Huron und das 3000 m dicke Ober-Huron.

Sehr deutlich sind Schichten desselben Alters in Neufundland entwickelt. Zwischen dem laurentischen Gneiss und dem Cambrium, das hier mit den *Olenellus*-Schichten beginnt, tritt eine über 3000 m starke, wesentlich aus klastischen Gesteinen (Schiefern, Sandsteinen, Quarziten, Hornsteinen, Conglomeraten) zusammengesetzte Schichtenserie auf, die von St. Hunt als Terranovian, von neueren Autoren als Avalon-Gruppe bezeichnet und in 5 Unterabtheilungen zerlegt wird[2]).

Noch wichtiger ist der grosse, im Westen und Süden des Oberen Sees sich ausdehnende archäozoische Gesteinscomplex, der Dank den langjährigen Untersuchungen einer ganzen Schaar von Geologen — unter den canadischen seien nur die beiden Dawson, Logan,

---

gewöhnt werden können (vergl. Steudel, Ob. Temperaturgrenze des Lebens, München. medicin. Wochenschr. Nr. 7, 1901.

[1]) Vergl. van Hise, Archaean and Algonkian. Bull. U. St. Geol. Surv. Nr. 80, 1892, und 16. annual report U. St. Geol. Surv. 1896, S. 489 ff.

[2]) Ch. Walcott, Formations précambriennes fossilifères. 8. internat. Geologen-Congress, Paris 1900.

Lawson und Selvyn, unter denen der Vereinigten Staaten Chamberlin, van Hise, Irving, Pumpelly, Upham, Winchell und Whitney genannt — zu den bestbekannten der ganzen Erde gehört. Durch grosse Lagerungsdiscordanzen vom Urgebirge und vom (Mittel-)Cambrium geschieden, erreicht er die beispiellose Mächtigkeit von 20,000 m und zerfällt durch weitere namhafte Discordanzen in drei verschiedene, folgendermaassen zusammengesetzte Formationen:

Hangendes: Cambrium, nahezu horizontal liegend.

Discordanz.

Oberes Keweenawan[1]), ca. 4500 m klastische, aus Trümmern der Eruptivgesteine des Unteren Keweenawan zusammengesetzte Ablagerungen mit zahlreichen darin eingeschalteten Eruptivlagern.

Unteres Keweenawan, örtlich bis über 10,000 m mächtig werdende Folge von basischen und sauren Eruptivdecken mit untergeordneten Einschaltungen von sandigen und conglomeratischen Sedimenten, besonders im oberen Theile. Hier finden sich die berühmten Kupfererzvorkommen (besonders gediegen Kupfer) des Oberen Sees.

Discordanz.

Ober-Huron (Animikie- und Ober-Vermillion-Formation Nord-Minnesotas, Penokee-Gogebic von Michigan und Wisconsin), etwa 3500 m stark. Die verhältnissmässig schwach gefaltete Gesteinsfolge besteht aus Quarziten, Schiefern, Phylliten, kalkigen Gesteinen, Magneteisen u. s. w. mit zahlreichen Lagern und Gängen von Diabas, Olivingabbro u. s. w.

Discordanz.

Unter-Huron. Etwa 1500 m mächtig. Die stark gefaltete Gesteinsreihe wird gebildet von halbkrystallinen Kalken, Quarziten, Phylliten, Glimmerschiefern, Conglomeratschiefern, Hornsteinen, Eisenerzen, Eruptivtuffen und -Agglomeraten und wird durchsetzt von zahlreichen Eruptivgängen.

Discordanz.

Liegendes: Gneiss und Granit (Laurentium).

Als Hinweise auf organisches Leben finden sich im Oberen Huron ausser kohligen Schiefern nicht selten verschiedenartige Kriechspuren; die aus derselben Formation angegebenen *Lingula*-ähnlichen Formen sowie die vermeintlichen trilobitenartigen Abdrücke sind dagegen nach Walcott nicht als solche anzuerkennen[2]).

---

[1]) So benannt nach der Halbinsel Keweenaw.

[2]) Walcott a. a. O.

Ueberaus grossartige Aufschlüsse algonkischer Gesteine findet man in den tiefen Thalschluchten des Colorado und seiner Zuflüsse[1]). Auch hier liegt zwischen den stark gefalteten, von zahllosen Granitgängen durchsetzten, wahrscheinlich dem Archaïcum zuzurechnenden krystallinen Schiefern, der sogen. Wischnu-Gruppe, und dem fast horizontal lagernden mittelcambrischen Tonto-Sandstein eine ungefähr 4500 m mächtige, von Powell als Grand-Canyon-Series bezeichnete, überwiegend sandige Schichtenreihe. Sie ist schon vor der Ablagerung des Tonto-Sandsteins in äusserst flache Falten gelegt, von Verwerfungen betroffen

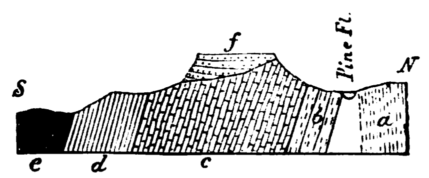


Fig. 13. Profil in der Menomonee-Gegend in Michigan. Nach H. Credner.
a Laurent. Gneiss. *b* Huron. Quarzit. *c* Kalkstein. *d* Rotheisenstein. *e* Chloritschiefer. *f* Cambrium.

und stark abgetragen worden, so dass der eben genannte Sandstein an verschiedenen Punkten auf sehr verschiedenen Gliedern der Serie aufruht (vergl. die Profile Fig. 14 und 15). Im Einzelnen ist die Zusammensetzung die folgende:

Hangendes: Cambrium.

Discordanz.

Chuar-Formation.
- Obere. Rothbraune, nach unten in Schiefer und Kalke übergehende Sandsteine, etwa 500 m mächtig.
- Untere. Sandige Schiefer mit dünnen Kalkbänkchen, etwa 1100 m stark.

Unkar-Formation. Oben dolomitische Kalke, unten rothe Sandsteine. Oben ein stärkeres, unten ein schwächeres Eruptivlager von basaltähnlicher Zusammensetzung.

Grosse Discordanz.

Liegendes: Krystalline Schiefer.

In verschiedenen Horizonten des Oberen Chuar haben sich Reste von Stromatoporiden (*Cryptozoon? occidentale* Dawson), sowie zahlreiche kleine rundliche, als *Chuaria circularis* bezeichnete Körperchen (die den von K. Wiman in der schwedischen Wisingsö-Formation entdeckten ähn-

[1]) Walcott, 14. ann. rep. U. St. Geol. Surv. II, 1894, S. 497. — Derselbe, Journ. Geol. III, Chicago 1895.

lich sein sollen) gefunden.

Die besterhaltenen Reste des nordamerikanischen Algonkians hat Walcott [1]) in den sogen. Greyson-Schiefern der etwa 4500 m mächtigen Belt-Serie von Montana entdeckt. Ausser Kriechspuren von Anneliden, die als *Helminthoidichnites* und *Planalites* bezeichnet wurden und mindestens drei verschiedenen Species angehören sollen, fanden sich hier auch Reste von Krustern (Merostomen?), die als *Beltina Danai* beschrieben worden sind [2]).

Gehen wir zu **Europa** über, so finden wir hier das ausgedehnteste Gebiet wie archäischer, so auch archäozoischer Gesteine in Skandinavien und Finnland.

Im Hochgebirge des centralen Norwegen gliedern sich die algonkischen Ablagerungen, die hier

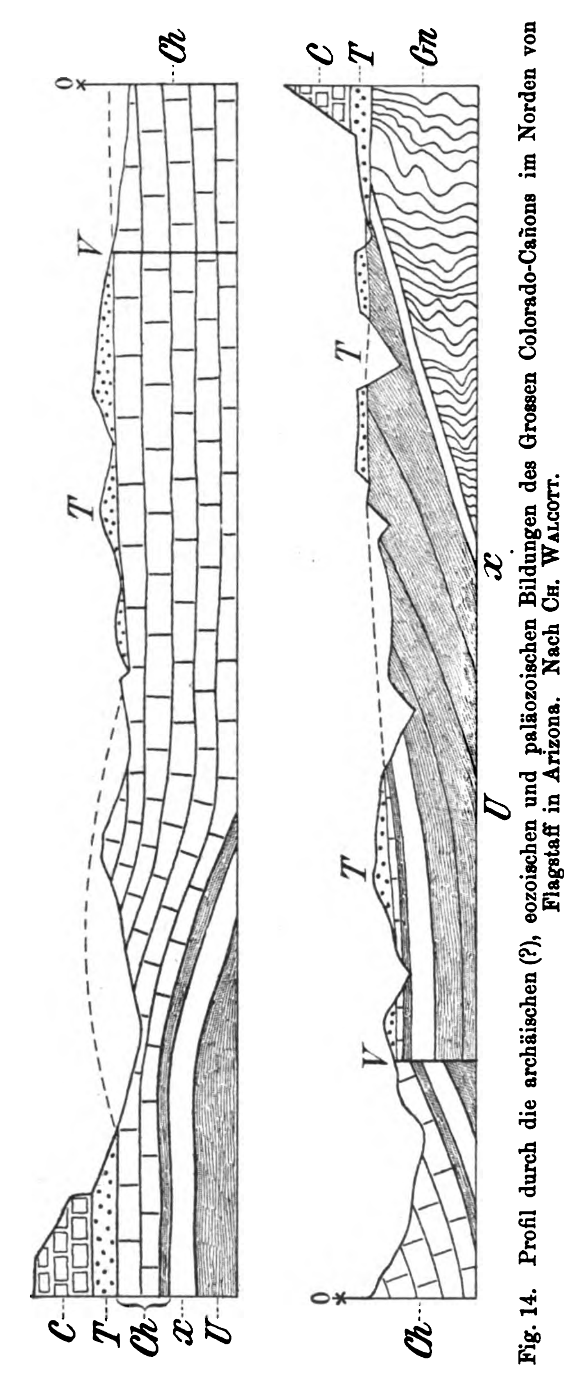


Fig. 14. Profil durch die archäischen (?), eozoischen und paläozoischen Bildungen des Grossen Colorado-Cañons im Norden von Flagstaff in Arizona. Nach Ch. Walcott.

Gn Krystalline Schiefer. *U* Algonkische Unkar-Formation. *Ch* Algonkische Chuar-Formation. *x* Eruptivlager. *T* Cambrischer Tonto-Sandstein. *C* Carbonkalk. *V* Verwerfung.

[1]) Form. précambr. fossilif. 8. intern. Geologen-Congress, Paris 1900.

[2]) Bull. Geol. Soc. America. v. X, S. 236.

als riesige Ueberschiebungsschollen auf Obersilur aufruhen, nach Törnebohm[1]) wie folgt:

Hangendes: Cambrium.

Sevegruppe. Sie tritt auf entweder 1. als Sparagmit-Formation: feldspath- und sericitführende Sandsteine, Quarzite oder Conglomerate mit eingelagerten Kalksteinen und Dolomiten, bis 2000 m mächtig, oder 2. als Are-Schiefer: oben braune Glimmergneisse, darunter mächtige Hornblendeschiefer, unten quarzige Glimmerschiefer. Wohl nur eine metamorphe Facies der Sparagmitformation.

Dalasandstein. Röthliche, feldspathhaltige, oft Diagonalschichtung und Wellenfurchung zeigende Quarzsandsteine mit darin eingeschalteten Diabaslagern. 600—800 m mächtig.

Liegendes: Urgebirge.

Törnebohm hat den Dalasandstein als Flachmeerbildung angesprochen. Nach den neuesten Ausführungen von J. Walther in seinem

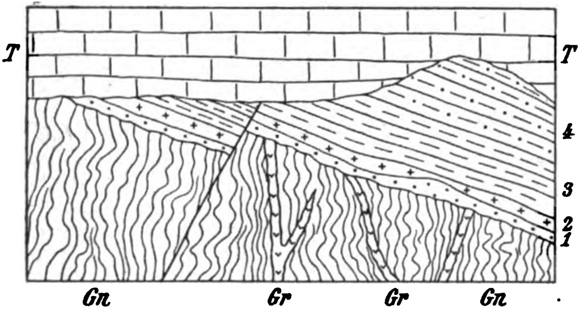


Fig. 15. Profil an der Nordseite des Colorado-Cañon, unweit der Mündung des sogen. Congress-Cañon. Nach Karl Gilbert.
Gn Krystalline Schiefer. *Gr* Granitgänge darin. *1, 3, 4* Algonkische Unkar-Form. *2* Eruptivlager darin. *T* Cambrischer Tonto-Sandstein.

prächtigen Werke über „Das Gesetz der Wüstenbildung"[2]) wird man vielleicht vorziehen, diese wie andere ähnliche mächtige rothe Sandsteinablagerungen (Torridonsandstein etc.) als äolische, in einem trockenen Wüstenklima entstandene Bildungen zu deuten.

Eozoischen Alters sind auch die als Gaisa-Schichten bezeichneten, durch grosse Discordanzen vom Urgebirge wie vom Cambrium getrennten klastischen Ablagerungen Norwegens. Nach Gregory wären ähnliche Bildungen in Nordsibirien, auf Spitzbergen, Grönland, überhaupt in der ganzen Circumpolarregion, äusserst verbreitet.

---

[1]) Svenska Vet. Akad. Handl. v. 28, 5, 1896.

[2]) Berlin 1900.

In **Schweden** treten hierhergehörige Gebilde nur in einzelnen Denudationsresten auf, besonders in der Umgebung des Wetternsees[1]). Man unterscheidet jetzt von oben nach unten:

Wisingsö-Formation: bis 300 m mächtige, rothe und grüne Sandsteine und Schiefer, in denen kleine, an Schalenkrebschen erinnernde Körperchen vorkommen.

Almesakra-Formation: mehrere 100 m mächtige rothe Sandsteine, Quarzite und Conglomerate.

Dal-(oder Dalsland-)Formation: 1900 m mächtige Sandsteine, Quarzite und Schiefer. Grobes Basalconglomerat.

Ueber die gleichalterigen Bildungen Ost-Finnlands verdanken wir SEDERHOLM schöne und eingehende neuere Untersuchungen[2]). Er theilt die betreffende, mehrere Kilometer dicke, von ihm früher als „Karelische Serie" bezeichnete Gesteinsfolge jetzt folgendermaassen ein:

Hangendes: Cambrium.

Jotnische Formation. *Ungefaltete* Sandsteine, Porphyrite, Quarzitconglomerate und Sandsteine. Dazu noch Diabase, Rapakiwi-Granit u. s. w. Etwa 1100 m mächtig.

Grosse Discordanz.

Jatulische Formation. *Gefaltete* Thonschiefer, Dolomite, Quarzite, Conglomerate. Dazu Diorit, Syenit u. s. w. 1500 bis 2000 m mächtig.

Grosse Discordanz.

Das unter diesem Gesteinscomplex folgende, *stark gefaltete* „granitdurchwobene Grundgebirge" SEDERHOLM's soll durch Discordanzen in zwei weitere Abtheilungen, eine obere bottnische und eine ältere ladogische zerfallen, deren erste auf 2000, die zweite auf 4—5000 m Dicke geschätzt wird. Beide bestehen hauptsächlich aus mächtigen und weitausgedehnten Granitmassen, sollen aber auch ansehnliche Thonschieferzonen einschliessen und werden als metamorphosirte Sedimente betrachtet. Sie könnten der jüngeren, oceanischen Periode des Archaïcums zugewiesen werden. Erst darunter folgt der ächte, „katarchäische" Granit- oder Urgneiss.

In Grossbritannien hat H. HICKS schon vor längerer Zeit[3]) im südlichen Wales (insbesondere am St. David's Promontorium) nachstehende Gruppen unterschieden:

---

[1]) NATHORST, Geol. Fören. Stockh. Förhandl. Bd. IV, Nr. 14, 1880. — LINNARSSON, Ebend. Bd. V, Nr. 1 u. 3.

[2]) Bull. de la commiss. géol. de la Finlande, Nr. 6: Archäische Sedimentformation d. südwestl. Finnlands, 1897. — Vergl. auch Geol. Fören. Förhandl. Bd. XIX, 1897.

[3]) Quart. Journ. Geol. Soc. London, 1877, 1878.

Hangendes: Cambrium.

Discordanz.

Pebidian: Chloritische und sericitische Schiefer, Phyllite, Breccien, Conglomerate, Dolomite.

Discordanz und Conglomeratbasis.

Arvonian: Hälleflinten, Quarzporphyre etc.

Das darunter liegende Urgebirge sondert sich durch eine mit einem Basalconglomerat einsetzende Discordanz in eine obere Gruppe, das aus Gneissen und Granuliten bestehende Dimetian, und eine tiefere, das aus Granitgneissen zusammengesetzte Lewisian.

In Nord-Wales scheinen die Llanberis-Schiefer ezoischen Alters zu sein. In den schottischen Hochlanden kommt ein solches mit Sicherheit zu dem durch deutliche Discordanzen vom Untercambrium (*Olenellus*-Sch.) wie vom Fundamentalgneiss getrennten Torridon-Sandstein. Dieser ist ein nahezu horizontal lagernder, bis 3000 m mächtiger, rothbrauner, feldspathhaltiger Sandstein, der ausser Wurmspuren auch Reste der gewöhnlich zu den Pteropoden gerechneten Gattung *Hyolithes* geliefert haben soll. Ein anderer, von Schottland bis nach Irland verbreiteter Complex von halbkrystallinen Schiefern, gewöhnlichen Thonschiefern, Kalken und Quarziten hat von A. Geikie den Namen Dalradian erhalten.

In Frankreich gehört dem Eozoicum an die früher als „Phyllades de Saint-Lô", jetzt nach Ch. Barrois' Vorgang als Briovérien bezeichnete Gesteinsfolge des bretannischen Massivs. Es ist das ein von Cambrium überlagerter, stark gefalteter, anscheinend 3 km mächtiger, deutlich klastischer, aus Phylliten, Thonschiefern, Grauwacken, Sandsteinen und Kalken zusammengesetzter Complex, der von Barrois [1]) in 3 Haupt- und 7 Unterabtheilungen zerlegt wird. Es lassen sich drei verschiedene Facies unterscheiden: 1. die typische der violettrothen Schiefer von St.-Lô, 2. die Facies du Trégorrois, in der die Schiefer zurücktreten und Eruptivgebilde herrschend werden, und 3. die Facies der Schiefer und Arcosen des Bains, die im Süden der Bretagne, an der unteren Loire und in der Vendée verbreitet ist. Der Nachweis, dass schon bei so uralten Gesteinen facielle Verschiedenheiten vorkommen, ist sehr bemerkenswerth.

Ein weiteres Interesse dieser bretannischen Ablagerungen knüpft sich an die Auffindung von Foraminiferen, Radiolarien und Spongienresten in Alaunschiefern in ihrem unteren Theile [2]). Allerdings hat

---

[1]) Annales d. l. Soc. géol. du Nord, Bd. XVI, 1889. Livret-guide des 8. internationalen Geologencongresses zu Paris, 1900, Nr. 7.

[2]) Cayeux, Bull. soc. géol. de France, 3. s., XXII, 197, 1894. — Derselbe, Ann. soc. géol. du Nord, XXIII, 52, 1895.

H. Rauff die organische Natur dieser Funde bestritten; dagegen dürfte die der Crinoidenstiele in dem derselben Gesteinsfolge angehörigen Kalke von St. Thurial keinem Zweifel unterliegen.

In Deutschland dürfte ein Theil der phyllitischen Gesteine des Fichtelgebirges und der benachbarten Gegenden dem Algonkian angehören. Sicher gehören hierher die discordant unter dem Cambrium liegenden, von J. Barrande als Etage A bezeichneten Pribramer-Schiefer in Böhmen. Andere, noch wenig bekannte Bildungen gleichen Alters scheinen in den Alpen und Pyrenäen, im französischen Centralplateau und in der Montagne Noire entwickelt zu sein.

Wir übergehen sie ebenso wie die anscheinend ebenfalls eozoischen Gesteinsserien des Himalaya, Chinas (Wutaï-Schichten [1]), Brasiliens und anderer Gebiete und schliessen mit der Bemerkung, dass jetzt auch die in der indischen Salt-Range unter den untercambrischen *Neobolus*-Schichten entwickelten, örtlich über 400 m mächtigen, dunkelrothen wellengefurchten Sandsteine (sogen. Purplesandstone) und die noch tieferen Salzthone, Gypse und Steinsalzflötze (die Saline Series von W. Waagen) dem Präcambrium zugewiesen werden [2]). Das Auftreten von Salz in so tiefem Niveau ist sicherlich sehr interessant, kann indess Angesichts der weiten Verbreitung mächtiger Sandsteine mit allen Merkmalen von Wüstenablagerungen (Fossilarmuth, Rothfärbung, Diagonalschichtung, Rippelmarken, Trocknungsrisse, Kriechspuren) im Algonkian nicht befremden.

---

[1]) v. Richthofen, China, Bd. II, 707.

[2]) Noetling, Beiträge z. Geologie der Salt-Range. N. Jahrb., Beilage-Band XIV, Tabelle S. 415, 1901.

III. Paläozoische (primäre) Formationsgruppe.

Die paläozoische Gesteinsgruppe bildet die zweite der vier grossen Abtheilungen, in welche man die Gesammtheit der normalen, versteinerungsführenden Sedimente zerlegt. Diese Gruppe wird gewöhnlich in fünf grosse Systeme oder Formationen, nämlich Cambrium, Silur, Devon, Carbon und Perm, eingetheilt. Dabei ist indess zu bemerken, dass sowohl dem Cambrium als auch dem Perm nicht von allen Geologen der Rang einer besonderen Formation zuerkannt, dass vielmehr das erste vielfach mit dem Silur, das letzte mit dem Carbon vereinigt wird.

In ihrer Gesammtheit stellen die fünf Formationen eine stellenweise wohl gegen 30 km mächtig werdende Schichtenfolge dar. In Deutschland wurde diese Schichtenreihe, soweit sie unter dem Carbon liegt, ehedem als Uebergangs- oder Grauwackengebirge bezeichnet. Den letztgenannten Namen erhielt sie auf Grund der Annahme, dass die sogen. Grauwacke — ein fein- bis grobkörniger, quarzreicher, vielfach feldspathhaltiger, kleine Bruchstücke von Milchquarz, Thon- und Kieselschiefer und anderen älteren Gesteinen einschliessender Sandstein — nur in den Ablagerungen dieser Periode vorkäme. In der That sind Grauwacken, Grauwackensandsteine und -Schiefer in Deutschland in den älteren paläozoischen Formationen sehr verbreitet; indess kommen ganz ähnliche Gesteine auch noch im Culm vor — wie denn gerade der früher als besonders typisch betrachtete Grauwackensandstein des Oberharzes dem genannten Gliede des Untercarbons angehört. Für die obere Hälfte der Schichtengruppe, namentlich für das Carbon, aber zum Theil auch noch für das Perm, sind Steinkohlenflötze sehr charakteristisch.

Ausser den genannten Gesteinen setzt sich die paläozoische Schichtenfolge besonders aus Thonschiefern, die in Begleitung von Dachschiefern oder auch von Phylliten eine sehr grosse Verbreitung besitzen, sowie aus mannigfachen Sandsteinen, Quarziten und Conglomeraten, Kieselschiefern, Wetzschiefern und verschiedenen Kalksteinen und Kalkmergeln zusammen. Dazu kommen von Eruptivgesteinen Granit, Syenit, Diorit, Diabas, Quarzporphyr, Porphyrit, Melaphyr und andere minder verbreitete Massengesteine, sowie deren Tuffbildungen.

Paläontologisch ist die paläozoische Formationsgruppe dadurch ausgezeichnet, dass sie nicht blos, wie die eozoische Gruppe, mehr oder

weniger zweifelhafte Spuren von Versteinerungen, sondern die ältesten uns bekannten wirklichen fossilen Faunen, bezw. Floren einschliesst. Der langen Dauer des paläozoischen Zeitalters entsprechend, treten innerhalb der fraglichen Gruppe nach einander eine ganze Reihe solcher, im Einzelnen sehr verschiedener Floren und Faunen auf. Für die paläozoische Flora ist das ausserordentliche Ueberwiegen der Kryptogamen (zumal riesig entwickelter Lycopodiaceen und Equisetaceen) charakteristisch, zu welchen sich in der zweiten Hälfte des Zeitalters auch Coniferen und Cycadeen gesellen, während Angiospermen oder Laubhölzer noch gänzlich fehlen. Die paläozoische Fauna erhält ihren eigenthümlichen Stempel durch die grosse Entwickelung der Crinoideen, der rugosen und tabulaten Korallen, durch eine Fülle eigenthümlich organisirter Brachiopoden und Nautiliden und die Goniatiten unter den Mollusken, weiter durch die ganz auf dieses Zeitalter beschränkten Trilobiten und Eurypteriden unter den Crustaceen, die Placodermen und heterocerken Ganoiden unter den Fischen und durch die sich erst in der zweiten Hälfte der paläozoischen Zeit einstellenden Stegocephalen unter den Amphibien. Dazu treten, ebenfalls erst in den letzten Phasen des Paläozoicums, einige Reptilien, während Säugethiere noch vollständig fehlen.

Hinsichtlich der Lagerungsverhältnisse wäre zu bemerken, dass die paläozoischen Schichten im mittleren und südlichen Europa und ebenso in den meisten aussereuropäischen Verbreitungsgebieten stark aufgerichtet, gefaltet und von zahlreichen Verwerfungen und Ueberschiebungen durchsetzt sind. Im Norden und Nordosten Europas dagegen, ebenso wie im östlichen Nordamerika und einigen anderen Gegenden, haben sie bis auf den heutigen Tag auf weite Erstreckung eine nahezu horizontale Lagerung bewahrt.

A. Cambrische Formation.

Geschichtliches.

Der von Cambria, der alten Benennung für Wales, abgeleitete Ausdruck Cambrium (englisch Cambrian) ist von Sedgwick (zuerst im Jahre 1833) vorgeschlagen worden und war ein Ergebniss der von ihm in Gemeinschaft mit Roderick Murchison im Jahre 1831 begonnenen mehrjährigen Untersuchungen der ältesten versteinerungsführenden Ablagerungen im nördlichen Wales und den benachbarten Gegenden Englands. Ein paar Jahre nach Aufstellung des cambrischen Systems belegte Murchison einen jüngeren Theil der genannten Ablagerungen mit dem Namen „silurisches System". Vom Devon sprach man damals noch nicht,

betrachtete vielmehr die in jener Gegend über dem Silur folgenden rothen Sandsteine, das sogen. Old-Red, als Basis des Carbon.

Während anfangs beide Forscher Hand in Hand gearbeitet hatten, bildete sich zwischen ihnen mit der Zeit ein immer schärfer werdender Gegensatz aus. Murchison war bestrebt, die Grenze zwischen Cambrium und Silur, die Sedgwick ursprünglich an der Basis der May-Hill-Schichten gezogen hatte, zu Ungunsten des Cambrium Schritt für Schritt immer tiefer hinabzurücken, bis er endlich beim Untercambrium von Sedgwick angelangt war. Er berief sich dabei auf die grosse Armuth der cambrischen Fauna im Vergleich mit der silurischen, sowie auf das Fehlen einer natürlichen unteren Grenze seines Silur, während Sedgwick demgegenüber die Berechtigung hervorhob, eine so mächtige und eigenartig entwickelte Schichtenfolge wie das Cambrium als selbständige Formation anzusehen, und auf die theilweise Eigenthümlichkeit der — übrigens damals noch kaum gekannten — cambrischen Organismen hinwies.

Trotz des grossen Einflusses, den Murchison mit der Zeit gewann, hatten seine Bestrebungen, das Cambrium zu einer blossen Basis des Silur herabzudrücken, nur geringen Erfolg. Unter den wenigen Geologen, die ihm folgten, ist an erster Stelle Joachim Barrande zu nennen, welcher in den 40er Jahren die Erforschung der ältesten Ablagerungen Böhmens in Angriff genommen hatte. Barrande erkannte dort nicht nur Murchison's Ober- und Untersilur wieder, sondern schied auch eine dritte, noch ältere, besonders aus Trilobiten zusammengesetzte Fauna aus, die später auch in den Menevianschichten des englischen Cambrium aufgefunden wurde, die er aber leider nicht als cambrisch, sondern als die erste oder primordiale Fauna des Silur bezeichnete, indem er den Namen Silur auf die Gesammtheit der vordevonischen Ablagerungen ausdehnte. Barrande's Primordialfauna deckt sich also wesentlich mit dem Cambrium von Sedgwick.

Die gleiche, namentlich durch die Gattung *Paradoxides* (1, 1) ausgezeichnete Trilobitenfauna wurde alsbald auch in Skandinavien sowie in Nordamerika nachgewiesen, und dieser Umstand bewirkte, dass trotz des Widerspruchs von Murchison und Barrande der Name Cambrium immer mehr Eingang fand. Heutigen Tages wird das Cambrium von der grossen Mehrzahl der deutschen, englischen, skandinavischen, russischen und nordamerikanischen Geologen als eine selbständige Formation betrachtet, während die französischen Fachgenossen, zum Theil noch dem Beispiele Barrande's folgend, es als „Primordialsilur“ bezeichnen. In Nordamerika haben sich Marcou und Andere bemüht, statt des Wortes Cambrium die von Emmons in den 40er Jahren vorgeschlagene, indess von ihrem Urheber für sehr ungleichartige Dinge verwandte Bezeichnung taconisches System einzuführen.

Weiter als die übrigen Geologen geht in der Anwendung des Namens Cambrium die Schule der Universität Cambridge in England, welche diese Bezeichnung auf das ganze Untersilur Murchison's ausdehnt und den Ausdruck Silur auf unser Obersilur beschränkt.

Verbreitung und Entwickelung der cambrischen Formation.

Beginnen wir mit **Grossbritannien** als dem Lande, von dem die Kenntniss der Formation ausgegangen ist, so finden wir in England cambrische Ablagerungen in Nord- und Südwales, in Shropshire, Warwickshire und den Malvern Hills (Herfordsh.) entwickelt. In Schottland sind sie nur im Norden bekannt, während sie in Irland in Wexford und Wicklow an der Ostküste, sowie vielleicht in Galway an der Westküste der Insel vertreten sind. In allen diesen Gegenden sind die untersten Schichten durch das Erscheinen der Trilobitengattung *Olenellus* ausgezeichnet. Darüber folgen Schichten mit Arten der Gattung *Paradoxides,* während der obere Theil der Formation solche des Genus *Olenus* einschliesst. Die ganze Schichtfolge kann in folgender Weise eingetheilt werden:

***Olenus*-Schichten**	*Dictyograptus*-Schiefer.	
	Lingula-Schiefer.	Dolgelly-Gruppe. Ffestiniog-Gruppe. Maentwrog-Gruppe.
***Paradoxides*-Schichten**	Menevian. Harlech grits und Llanberis-Schiefer (?). Solva-Gruppe.	
***Olenellus*-Schichten,**	Unterer Theil des Comley-Sandsteins, schottische Serpulite grits und Fucoid beds, Caerfai-Gruppe.	

Die Kenntniss des Fossilinhalts des englischen Cambriums entwickelte sich langsam. Erst 12 Jahre nach Aufstellung der Formation, 1845, wurde in *Lingulella Davisii* (2, 7) die erste zweifellose Versteinerung, erst zu Beginn der 60er Jahre die ersten Paradoxiden entdeckt. Man hielt lange die durch sie gekennzeichnete Fauna für die älteste des Cambriums überhaupt, bis es Lapworth 1888 gelang, tief unter dem Paradoxiden-Niveau in Shropshire die ersten englischen Olenellen aufzufinden, die in den folgenden Jahren auch in Schottland und Südwales nachgewiesen wurden.

In Südwales, wo das St. Davids-Promontorium durch die Untersuchungen von H. Hicks eine classische Oertlichkeit geworden ist, beginnt die discordant auf eozoischen Gesteinen (vergl. S. 41) aufruhende cambrische Schichtenfolge mit der sandig-schiefrigen Caerfai-Gruppe mit *Olenellus sp., Lingulella primaeva* und *ferruginea, Discina* und Kriech-

spuren von Anneliden. Darüber folgt die Solva-Gruppe, rothe und grüne Schiefer und Sandsteine mit einer verhältnissmässig reichen Fauna, die sich aus verschiedenen Arten von *Paradoxides* — von unten nach oben *P. Harknessi, solvensis, aurora* — von *Conocoryphe, Agnostus* und anderen Trilobiten zusammensetzt[1]).

In Nordwales sind die ältesten cambrischen Schichten die Harlech grits und die Llanberis slates. Die ersten stellen eine ungefähr 2000 m mächtige, mit groben Conglomeraten beginnende Folge von Sandsteinen mit Wellenfurchen und Trocknungsrissen, aber ohne Versteinerungen dar; die Llanberis dagegen mächtige violettrothe Schiefer (die bei Penrhyn die grösste Dachschiefergewinnung der Welt hervorgerufen haben) mit darin eingelagerten harten, grünen Grauwackensandsteinen. Lange Zeit waren aus diesen Schichten nur zweifelhafte Fucoidenreste bekannt; erst Ende der 80er Jahre wurden bei Penrhyn auch Trilobiten — besonders eine schöne grosse *Conocoryphe (viola)* — gefunden. Ob die genannten Ablagerungen dem Unter- oder dem Mittelcambrium zuzurechnen sind, ist noch zweifelhaft.

Ueber diesen älteren Bildungen folgt sowohl in Süd- wie in Nordwales die Menevian-Series, eine noch keine 100 m mächtige schiefrig-sandige Schichtenfolge, die ausser ein paar Species von *Paradoxides (Hicksii, Davidis)* noch *Conocoryphe, Arionellus, Agnostus* und andere Trilobiten, eine *Theca*, eine *Orthis*, *Obolella*, Schwammnadeln *(Protospongia)* und andere Versteinerungen einschliesst.

Nun folgt das Hauptglied des englischen Cambriums, die besonders in Nordwales sehr entwickelten, etwa 1500 m mächtig werdenden, aus dunkelfarbigen dickschieferigen Thonschiefern mit eingelagerten harten Sandsteinbänken bestehenden Lingula flags, so benannt nach der stellenweise massenhaft auftretenden *Lingula (Lingulella) Davisii* (2, 7). Man hat sie in drei Abtheilungen und diese wieder in verschiedene Zonen eingetheilt, die nahe mit denen der schwedischen *Olenus*-Schichten übereinstimmen:

<table>
<tr><td rowspan="2">Dolgelly-Gruppe.</td><td>Obere.</td><td>Olenus (Peltura) scarabaeoides und Sphaerophthalmus.</td><td rowspan="2">Orthis lenticularis (2, 8).</td></tr>
<tr><td>Untere.</td><td>Olenus (Parabolina) spinulosa.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ffestiniog-Gruppe.</td><td>Obere.</td><td>Olenus micrurus.</td><td rowspan="2">Lingulella Davisii (2, 7), Hymenocaris vermicauda (2, 12).</td></tr>
<tr><td>Untere.</td><td>Kriechspuren.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Maentwrog-Gruppe.</td><td>Obere.</td><td>Olenus truncatus (1, 3) und cataractes.</td><td rowspan="2">Agnostus pisiformis (1, 6).</td></tr>
<tr><td>Untere.</td><td>Olenus gibbosus.</td></tr>
</table>

An der obersten Grenze der Lingulaschiefer (nach englischer Auffassung an der Basis der Tremadoc-Schiefer) liegt ein durch seine weite

[1]) Harkness and H. Hicks, Quart. Journ. Geol. Soc. Lond. XXVII, 396, 1871. — Hicks, Geol. Magaz. 1892, 21.

Verbreitung durch das ganze nördliche Europa und einen Theil von Canada (Neu-Braunschweig) sehr wichtiger Horizont, nämlich die *Dictyonema*-Schiefer mit der Graptolithide *Dictyograptus (Dictyonema) socialis* = *flabelliformis* (2, 11).

Das oberste Glied des Cambriums stellen nach der in England üblichen Classification die Tremadoc-Schiefer dar, blaugraue Grauwackenschiefer und Sandsteine, die zwar noch *Olenus, Conocoryphe, Agnostus* und *Dicellocephalus* enthalten, daneben aber eine Reihe von Formen, die dem Cambrium im Allgemeinen fremd, Vorläufer bezeichnender silurischer Typen darstellen. Etwas Aehnliches finden wir auch in dem schwedischen Ceratopygekalk, dem russischen Grünsand und dem nordamerikanischen Calciferous sandstone wieder, die alle in gleicher stratigraphischer Stellung unmittelbar über dem Cambrium liegen. Da wir die genannten Bildungen nicht mehr zum Cambrium, sondern zum Silur rechnen, so müssen wir zu diesem auch die gleichaltrigen Tremadoc-Schiefer ziehen.

Auch in Shropshire ist eine recht vollständige Entwickelung des Cambriums bekannt. Es beginnt mit dem sogen. Comley-Sandstone, der in seinen tiefsten Theilen *Olenellus (Callavei), Ellipsocephalus, Kutorgina, Mickwitzia* etc. enthält, während der obere *Paradoxides (Groomi), Ptychoparia* etc. einschliesst. Die darüber folgenden dunklen Shineton-Shales entsprechen den *Lingula*-Flags [1]).

Die discordant auf dem präcambrischen Torridon-Sandstein (vergl. S. 42) aufruhenden cambrischen Ablagerungen Nordschottlands enthalten in ihrem unteren, der *Olenellus*-Stufe zufallenden Theile eine reiche Trilobiten-Fauna *(Olenellus Lapworthi, gigas* und *intermedius, Olenelloides, Bathynotus)*, während die Paradoxiden-Fauna dort noch nicht nachgewiesen ist [2]).

Schweden und Norwegen. Die Kenntniss des skandinavischen Cambriums stützt sich ausser den älteren grundlegenden Arbeiten von Angelin [3]) für Schweden und von Kjerulf [4]) für Norwegen besonders auf die neueren Forschungen von Linnarsson [5]), Brögger, Nathorst, Tullberg, Holm und Anderen. Im Vergleich zu denen Englands stellen die cambrischen Schichten Skandinaviens Ablagerungen eines tieferen Meeres dar, die vorwiegend aus dunklen Schiefern und Kalken bestehend,

---

[1]) Lapworth, Geol. Magaz. 1891, 532.

[2]) Peach & Horne, Quart. Journ. Geol. Soc. London 1892, 227.

[3]) Palaeontologia Scandinavica, 1854.

[4]) Geologie d. südl. Norwegen, 1858 und 1879. Erläuter. z. geol. Karte von Kristiania, 1865.

[5]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. XXV, 675.

eine sehr viel geringere Mächtigkeit besitzen als die gleichaltrigen, gröber klastischen Bildungen Grossbritanniens. Dieser mehr pelagische Charakter sowie die sich im Ganzen sehr gleich bleibende facielle Beschaffenheit der gesammten Schichtenfolge machen das skandinavische Cambrium zu feineren stratigraphischen Studien besonders geeignet; und so ist denn auch hier allmählich eine Zonengliederung erwachsen, die sich weit über die Grenzen Skandinaviens hinaus als anwendbar erwiesen hat.

Die z. Th. sehr ins Detail gehenden Untersuchungen sind dadurch sehr erleichtert worden, dass im Gegensatz zu der äusserst gestörten Tektonik der cambrischen Ablagerungen Englands diejenigen Schwedens, besonders im Süden des Landes und auf der Insel Oeland, bis auf den heutigen Tag ihre ursprüngliche horizontale Lagerung bewahrt haben — wie dies namentlich an den bekannten, zu oberst eine mächtige Grün-

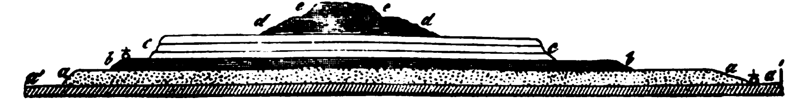


Fig. 16. Profil des Kinekulle am Wenernsee.
a' Gneiss. *a* Aeltester cambrischer Sandstein. *b* Alaunschiefer. *c* Untersilurischer Orthocerenkalk. *d* Chasmopskalk, Trinucleus- und Brachiopodenschiefer, oberer Graptolithenschiefer. *e* Grünsteindecke.

steindecke tragenden Bergen Ostgotlands, des Kinekulle[1]), des Hunne- und Halleberges u. s. w., zu beobachten ist (Fig. 16).

An der Basis des schwedischen Cambriums, unmittelbar über den steil aufgerichteten Urgebirgsgesteinen, liegt eine mächtige Sandsteinbildung, deren unterer Theil als *Eophyton*-, der obere als Fucoidensandstein bezeichnet wird. Organische Reste sind darin selten[2]). Erst in neuerer Zeit haben sich im unteren Sandstein neben zweifelhaften pflanzlichen Resten *(Cruziana)* ein *Obolus*-artiges Fossil *(Mickwitzia monilifera)* und Reste von Medusen gefunden — G. Holm bezeichnet daher jetzt diesen Sandstein als *Mickwitzia*-Sandstein —, an der oberen Grenze des oberen aber eine Art der wichtigen Trilobitengattung *Olenellus* (*O.* [*Holmia*] *Kjerulfi*, 1, 9). Weiter aufwärts folgen dunkle, bituminöse, etwas kalkige Schieferthone, die früher an vielen Orten (bei Andrarum in Schonen, auf Oeland u. s. w.) zur Alaundarstellung benutzt wurden und daher als Alaunschiefer bezeichnet werden.

[1]) Vergl. die schöne, soeben veröffentlichte Monographie des berühmten Berges durch G. Holm und H. Munthe (Sver. Geolog. Undersökn. Afhandl. C. 172, 1901.

[2]) Interessant sind die Kanten- oder Pyramidalgerölle des Eophytonsandsteins als Hinweis auf einen ehemaligen dünentragenden, heftigen Winden ausgesetzten Strand.



Der untere Theil dieser Schiefer ist paläontologisch besonders durch das Auftreten der Gattung *Paradoxides (oelandicus, Tessini, Forchhammeri* — Arten, die in der genannten Reihenfolge über einander auftreten), der obere durch die Gattung *Olenus* (*O. truncatus* [1, 3] u. a.) charakterisirt, weshalb Linnarsson sie als *Paradoxides*- und *Olenus*-Schiefer geschieden hat. An der oberen Grenze des letzten tritt ebenso wie in England die Gattung *Dictyograptus* auf.

Danach gliedert sich das schwedische Cambrium von oben nach unten in folgender Weise:

Alaunschiefer.	*Dictyograptus*-Zone. *Olenus*-Schiefer. *Paradoxides*-Schiefer.)
Untere Sandstein-Bildung.	Zone mit *Olenellus Kjerulfi.* Fucoiden-Sandstein. *Eophyton*- oder *Mickwitzia*-Sandstein mit *Cruziana,* Medusenresten, *Mickwitzia monilifera.*

Tullberg hat für Schweden folgende Zoneneintheilung aufgestellt:

***Olenus*-Schiefer.**	1. Zone mit *Bryograptus Kjerulfi.* 2. „ „ *Dictyograptus flabelliformis.* 3. „ „ *Acerocare ecorne.* 4. „ „ *Cyclognathus micropygus.* 5. „ „ *Peltura scarabaeoides* (1, 2). 6. „ „ *Eurycare camuricorne.* 7. „ „ *Parabolina spinulosa.* 8. „ „ *Ceratopyge sp.* 9. „ „ *Olenus truncatus* u. a. 10. „ „ *Leperditia sp.* 11. „ „ *Agnostus pisiformis* (1, 6). 12. „ „ Alaunschiefer ohne Fossilien.
***Paradoxides*-Schichten.**	1. Zone mit *Agnostus laevigatus.* 2. „ „ *Paradoxides Forchhammeri.* 3. „ „ *Agnostus Lundgreni.* 4. „ „ *Paradoxides Davidis.* 5. „ „ *Conocephalus aequalis.* 6. „ „ *Agnostus rex.* 7. „ „ *Agnostus intermedius.* 8. „ „ *Microdiscus scanicus.* 9. „ „ *Conocephalus exsulans.* 10. „ „ *Agnostus atavus* [1]). 11. Fragment Kalk. 12. Schwarzer Alaunschiefer.
***Olenellus*-Schichten.**	Zone mit *Olenellus Kjerulfi.*

---

[1]) Die älteste bekannte, sonst für die *Olenellus*-Schichten bezeichnende Art der Gattung.

Für Norwegen, insbesondere für die im Ganzen etwa 80 m mächtige Folge von Alaunschiefern in der Gegend von Kristiania, hat BRÖGGER folgende Gliederung aufgestellt:

Olenus-Schichten.	Schichten mit *Dictyogr. flabelliformis.*
	„ „ *Peltura scarabaeoides, Sphaerophthalmus alatus* etc.
	„ „ *Eurycare latum* und *Leptoblastus ornatus.*
	„ „ *Parabolina spinulosa* und *Orthis lenticularis.*
	„ „ *Agnostus pisiformis* und *Olenus truncatus.*
Paradox.-Schichten.	„ „ *Paradoxides Forchhammeri.*
	„ „ *Paradox. Tessini, Agnostus fallax* etc.
Olenellus-Schichten.	„ „ *Olenellus Kjerulfi.*

Darunter liegen endlich noch schwache sandige Lagen, die dem schwedischen *Eophyton*-Sandstein gleichen.

Auch auf der Insel Bornholm[1]), deren geologische Kenntniss wir besonders JOHNSTRUP verdanken, besitzt das Cambrium eine ziemliche Verbreitung. Es setzt sich, ähnlich wie in Schweden, unten aus Sandsteinen, darüber aus grüngrauen, sandigen Schiefern und oben aus Alaunschiefern mit eingelagerten Stinkkalkplatten (sogen. Andrarumkalk) zusammen. Auch hier bilden *Dictyograptus*-Schiefer von etwa 5 m Mächtigkeit den Abschluss der ganzen, unmittelbar von Untersilur überlagerten Schichtenfolge.

Für ganz Skandinavien wie auch für England, ja zum Theil noch für Böhmen, Südeuropa und Nordamerika[2]), sind die folgenden Zonen der *Paradoxides*-Schichten gültig:

Zone des *Agnostus laevigatus.*
„ „ *Paradoxides Forchhammeri.*
„ „ „ *Davidis.*
„ „ „ *Tessini* (*abenacus*[3]).
„ „ „ *rugulosus* (*eteminicus*).
„ „ „ *Oelandicus* (*lamellatus*).

Baltisches Gebiet. Das Cambrium der russischen Ostseeprovinzen und der Gegend von St. Petersburg ist uns, ausser durch die älteren Arbeiten von PANDER, DE VERNEUIL, Graf KEYSERLING, v. EICHWALD und Anderen, besonders durch die in den 50er Jahren begonnenen und bis heute fortgesetzten Forschungen des Akademikers FRIEDR. SCHMIDT[4])

[1]) Vergl. DEECKE, Führer durch Bornholm, 1899.

[2]) G. F. MATTHEW, Transact. N.-York Acad. Sciences, 15, 192, 1896.

[3]) Die in Klammern beigefügten Namen geben die stellvertretenden Arten Amerikas an.

[4]) Unters. üb. d. silur. Form. v. Ehstland etc., Arch. f. Naturk. Liv-Ehstl. u. Kurland, 1. Ser., II, 1858. — Revision d. ostbalt. Silur-Trilobiten, I, Mém. Ac. St. Petersb. 1881. — Ueb. eine neuentdeckte untercambr. Fauna, ebend. 1888. — Vergl. auch Führer z. d. Excurs. d. 7. internat. Geolog.-Congr. zu St. Petersburg, 1897, Nr. XII.

bekannt geworden. Auch in diesem Gebiete liegen die Schichten, ähnlich wie im südlichen Schweden, nahezu wagerecht und haben ausserdem zum Theil — wie namentlich der blaue Thon — ihre ursprüngliche weiche Beschaffenheit bis auf den heutigen Tag bewahrt.

Die tiefste, unmittelbar auf Gneiss und Granit aufruhende cambrische Bildung stellt der sog. blaue (in Wirklichkeit grüne) Thon dar, ein plastischer — wie Bohrungen bei Petersburg gezeigt haben — an 100 m mächtiger Thon mit eingelagerten Sandschichten, die sich nach unten zu einer etwa ebenso mächtigen Sand- bezw. Sandstein-Ablagerung entwickeln. An organischen Resten haben sich bisher in diesem ältesten Schichtengliede nur Gruppen von Glauconitkörnern, die schon von Ehrenberg als Foraminiferenkerne gedeutet wurden, sowie undeutliche Algenreste gefunden.

Nach oben geht der blaue Thon in wechsellagernde Thon- und Sandsteinschichten über. Aus diesen Schichten kannte man früher nur die sogen. Platysoleniten und Volborthellen — die ersten vielleicht kleine Stiel- oder Armfragmente von Cystideen, die letzten wahrscheinlich sehr kleine Orthoceren; in neuester Zeit aber ist es geglückt, darin noch eine Reihe anderer sehr wichtiger Formen zu entdecken. Es sind das eine Art der Gattung *Olenellus* (*O. [Mesonacis] Mickwitzi* — älter als der skandinavische *O. Kjerulfi* und überhaupt der älteste bis jetzt bekannte europäische Trilobit [1] —), zwei Arten einer *Patella*-artigen Schnecke, der auch im nordamerikanischen Cambrium vorkommenden Gattung *Scenella*, ferner die oben aus dem schwedischen *Eophyton*-Sandstein genannten Medusenreste, *Mickwitzia monilifera*, ein *Obolella*- und ein *Discina*-artiges Fossil sowie die sogenannten Cruzianen, pflanzenähnliche, aber sehr wahrscheinlich pseudoorganische Hervorragungen auf den Schichtoberflächen.

Wenn somit diese Schichtenfolge als ein Aequivalent des schwedischen Eophytonsandsteines anzusehen ist, so muss der nun folgende, 10—15 m mächtige, versteinerungsleere Sandstein dem ebenfalls petrefactenfreien schwedischen Fucoidensandstein gleichgestellt werden.

Das nächstfolgende Glied ist der Ungulitensandstein, ein lockerer gelblicher Sandstein, dessen oberste Bänke ganz erfüllt sind mit Bruchstücken von hornschaligen Brachiopoden, unter denen weitaus das häufigste *Obolus Apollinis* (2, 5) ist. Die Aehnlichkeit der Muskel-

[1] *O. Kjerulfi* liegt unmittelbar unter dem Paradoxiden-Niveau im Fucoiden-Sandstein; *O. Mickwitzi* dagegen in den diesen unterlagernden, dem schwedischen *Eophyton*- oder *Mickwitzia*-Sandstein entsprechenden Schichten. Die Olenellus-Fauna von Shropshire hat dieselbe Lage wie die skandinavische, unmittelbar unter den *Par.*-Schichten; dagegen nimmt diejenige von Südwales ebenfalls einen tieferen Horizont ein.



eindrücke dieser Muschel mit dem Abdrucke eines Pferdehufes hat ihren Schalen den Namen „Unguliten“ eingetragen. Wichtig ist die scharfe Grenze des Ungulitensandsteins gegen den unterliegenden Fucoidensandstein, sowie das ganz neuerdings von Schmidt beobachtete Vorkommen von Conglomeraten, die aus Trümmern von Fucoidensandstein bestehen, an der Basis des Ungulitensandsteins, weil diese Thatsachen auf eine an der Grenze beider Sandsteinbildungen liegende Lücke in der Schichtenfolge hinweisen — eine Lücke, die einer mit Niveauveränderungen zusammenhängenden, längeren Unterbrechung in der Sedimentation und einer während dieser Unterbrechung stattgehabten theilweisen Zerstörung des älteren Fucoidensandsteins entspricht.

Das oberste Glied des Cambriums endlich wird im baltischen Gebiete, ebenso wie in Skandinavien und England, vom *Dictyonema*-Schiefer gebildet, bis 7 m mächtigen, dunkelfarbigen, bituminösen Schieferthonplatten, die als charakteristisches Fossil *Dictyograptus flabelliformis* (2, 11), daneben aber auch zahlreiche ächte Graptolithen enthalten.

Die nachstehende Tabelle giebt eine Uebersicht über die Entwickelung des Cambriums in den russischen Ostseeprovinzen und seine Beziehungen zu den gleichaltrigen Schichten Schwedens und Norwegens.

	Baltische Provinzen	Schweden	Norwegen
Olenus-Schichten	*Dictyograptus*-Schiefer Unguliten-Sandstein	*Dictyograptus*-Schiefer *Olenus*-Schiefer	*Dictyograptus*-Schiefer *Olenus*-Schiefer
Paradoxides-Schichten	Hiatus	*Paradoxides*-Schiefer	*Paradoxides*-Schiefer
Olenellus-Schichten	Fucoiden-Sandstein Zone des *Olenellus Mickwitzi* Blauer Thon und Sand	Zone des *Olenellus Kjerulfi* Fucoiden-Sandstein *Mickwitzia*- oder *Eophyton*-Sandstein	Zone des *Olenellus Kjerulfi* Aelteste Sandstein-Bildung

In weiter Entfernung (etwa 700 km) vom Hauptverbreitungsgebiete der beschriebenen Schichten hat sich neuerdings bei Rawanitschi im Gouvern. Minsk ein ihnen zugehöriges, aus dem Diluvium vortretendes Vorkommen gefunden. Unter altsilurischem Glauconitkalk mit *Megalaspis* gehen hier dunkelgraue, aus der Zersetzung von *Dictyograptus*-(Brand-)

Schiefern entstandene Thone, und darunter anscheinend Ungulitensandstein zu Tage aus. Dagegen stellen die im polnischen Mittelgebirge, am Weichselufer unweit Sandomir auftretenden Quarzite und Schiefer mit *Paradoxides cf. Tessini*, *Agnostus fallax* und *gibbus*, *Liostracus*, *Lingula*[1]) etc. trotz ihrer Lage zwischen dem baltischen Gebiete und Böhmen ein Zubehör des skandinavischen Cambriums dar.

Böhmen. In Centraleuropa sind cambrische Ablagerungen am längsten aus Böhmen bekannt. Ihre Kenntniss ruht fast ganz auf den bewunderungswürdigen, sich über einen Zeitraum von mehr als 40 Jahren erstreckenden Arbeiten von Joachim Barrande über die ältesten, von ihm insgesammt als silurisch bezeichneten Ablagerungen dieses Landes und ihren Fossilinhalt.

Die erste Frucht der Forschungen Barrande's war die im Jahre 1846 erschienene Notice préliminaire sur le système silurien de la Bohême, dann folgte 1847[2]) eine Bearbeitung der Brachiopoden, darauf, von 1852 an, das grosse Hauptwerk, das Système silurien de la Bohême, die umfassendste, überhaupt bis jetzt vorhandene derartige Monographie, die in einer grossen Anzahl von Bänden — Barrande selbst hat bis zu seinem Tode (1884) im Ganzen 23 Text- und Atlasbände veröffentlicht — nach einander die verschiedenen Thierabtheilungen behandelt; und zwar in Bd. I die Trilobiten, in Bd. II die Cephalopoden, in Bd. III die Pteropoden, in Bd. V die Brachiopoden (in neuer Bearbeitung), in Bd. VI die Acephalen[3]). Nach Barrande's Tode haben sich besonders O. Novák, Fr. Katzer und J. Jahn um die Kenntniss des böhmischen Paläozoicums verdient gemacht. Dem zweitgenannten Forscher verdankt man besonders das wichtige zusammenfassende Werk „Die Geologie von Böhmen“, 1892.

In ihrer Gesammtheit bilden die ältesten Ablagerungen Böhmens eine etwa 150 km lange und 15—20 km breite, zwischen streichenden Verwerfungen eingesunkene Schichtenmulde, deren Hauptaxe in südwestlicher Richtung von Prag über Beraun nach Pilsen zu verläuft. In Folge dessen treten die ältesten Schichten am Rande, die jüngsten in der Mitte der Mulde auf, während deren Untergrund von archäozoischen Gesteinen gebildet wird, und zwar zunächst von fossilfreien, örtlich Conglomerate, Sandsteine und oolithische Kalksteine einschliessenden Phylliten, den sogen. Przibramer Schiefern Lipold's.

---

[1]) Gürich, Polnisches Mittelgebirge, S. 16, St. Petersb. 1896.

[2]) v. Haidinger's naturw. Abh. Bd. I u. II.

[3]) Von weiteren Abhandlungen haben bisher W. Waagen Bd. VII, 1. die Cystideen, Waagen und J. Jahn Bd. VII, 2. die Crinoiden, Počta Bd. VIII, 1. die Bryozoen, veröffentlicht.

Barrande hat die gesammte Schichtenfolge seines „bassin silurien“ in Stockwerke (étages) zerlegt, die er mit grossen Buchstaben bezeichnete, während er deren Unterabtheilungen durch kleine Buchstaben und Zahlen unterschied. Barrande's Etage A entspricht den Przibramer Schiefern und ist vorcambrischen Alters. Erst die mit einer sehr ausgesprochenen Discordanz über den Przibramer Schiefern folgende, von Barrande als Etage *B* bezeichnete und ebenfalls noch als „azoisch“ betrachtete Przibramer Grauwacke Lipold's leitet die Reihe der cambrischen Ablagerungen Mittelböhmens ein.

Diese Reihe beginnt mit groben Conglomeraten, über denen ein vielfacher Wechsel von Grauwackensandsteinen, Quarziten, Schiefern und Conglomeraten folgt. Lange kannte man aus diesen Schichten nur Wurmspuren und Kerne einer *Orthis;* erst in neuester Zeit ist es gelungen, darin (besonders bei Tejřovic) eine etwas reichere, vorwiegend aus Trilobiten und Brachiopoden *(Orthis Kuthani, Ptychoparia, Ellipsocephalus, Arionellus* etc.) zusammengesetzte Fauna nachzuweisen[1]), die trotz des anscheinenden Fehlens von *Paradoxides* wohl am richtigsten an die Basis der Paradoxides-Schichten gestellt wird.

Nach oben zu gehen diese Schichten ganz allmählich in Barrande's Etage C oder seine „Primordialschichten“ über. Es sind das grünliche, dickschieferige, einige 100 m mächtige Thonschiefer mit einer reichen und gut erhaltenen, ganz überwiegend aus Trilobiten bestehenden Fauna, in welcher namentlich die Gattungen *Paradoxides* (mit den beiden Hauptarten *bohemicus* [1, 1] und *spinulosus*), *Conocoryphe* (1, 4), *Ellipsocephalus, Arionellus, Agnostus* und andere eine Rolle spielen. Daneben sind nur noch einige Arten von *Hyolithes* oder *Theca* (2, 3), ein paar Brachiopoden *(Orthis, Obolus)* und eine Anzahl Cystideen, im Ganzen etwa 70 Species vorhanden. Diese Paradoxiden- oder Jinetzer Schiefer, die bisher nur bei Jinetz am Süd- und bei Skrey am Nordrande der Mulde bekannt sind, entsprechen etwa der *Rugulosus*- und *Tessini*-Zone der schwedisch-englischen *Paradoxides*-Schichten (vergl. S. 52).

Nach Fr. Katzer[2]) würden diesen selben Schichten auch die von Barrande als D 1 α bezeichneten, bei Jinetz concordant über den *Paradoxides*-Schiefern liegenden, nur uncharakteristische Versteinerungen enthaltenden, quarzigen Grauwacken zuzurechnen sein. Erst die dann folgenden, nach neueren Beobachtungen transgredirend über das Cambrium fortgreifenden Diabastuffe und Rotheisensteine, die Barrande als D 1 β bezeichnete, würden das Silur einleiten.

Diese schon früher vermuthete Transgression erklärt das völlige

[1]) Pompeckj, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien, Bd. 45, 495, 1895.
[2]) Sitzungsber. d. k. böhm. Gesellsch. d. Wissensch. 1900.

Fehlen der nordeuropäischen *Olenus*-Schichten in Böhmen. Da in Böhmen auch die *Olenellus*-Schichten fehlen — es entspricht ihnen die Discordanz zwischen Przibramer Grauwacke und Jinetzer Schiefer —, so sind dort nur Aequivalente der Paradoxiden-Schichten entwickelt.

In **Deutschland** sind cambrische Schichten nur sehr spärlich vertreten. Ihre grösste Verbreitung besitzen sie im Fichtelgebirge und im angrenzenden sächsisch-thüringischen Voigtlande. Sie werden hier scheinbar gleichförmig und ohne scharfe Grenze von älteren Phylliten unterlagert und bestehen aus mächtigen grün-grauen, glimmerig-sandigen, oft sehr phyllitähnlichen Thonschiefern mit eingelagerten Quarziten. Von Versteinerungen haben sich darin bisher nur zweifelhafte Zweischaler gefunden. Die bei Leimitz unweit Hof auftretende reichere, von Barrande [1]) bearbeitete und von ihm als Uebergangsglied zwischen Cambrium und Silur gedeutete Fauna muss nach neueren Untersuchungen [2]) als dem englischen Tremadoc und dem schwedischen Ceratopygekalk gleichalterig betrachtet und als allertiefstes Silur classificirt werden.

Ausserhalb des genannten Gebietes kennt man in Deutschland cambrische Bildungen nur noch südlich von Aachen, im Hohen Venn. Dieses stellt, ebenso wie das grössere, westlich davon liegende, von der Maas durchschnittene „Massiv von Rocroi“ der belgischen Geologen, einen älteren, aus mannigfachen Thon- und Dachschiefern, Quarziten und Phylliten zusammengesetzten Gebirgskern dar, der — wie schon A. Dumont zeigte — ringsum discordant von devonischen Schichten umlagert wird. Einige spärliche, in der Nähe des bekannten Bades Spa und anderweitig entdeckte Versteinerungen (*Agnostus, Dictyograptus, Oldhamia* — letztere ein algenartiges, auch im irischen und nordamerikanischen Cambrium sowie in den Pyrenäen vorkommendes, übrigens von manchen Forschern als eine blosse Runzelungserscheinung des Schiefers gedeutetes Gebilde —) sprechen für ein cambrisches Alter dieser alten Gebirgskerne.

Auch in **Frankreich** ist das Cambrium im Ganzen sehr dürftig entwickelt. Seine Tektonik ist meist sehr verwickelt und Versteinerungen sind Seltenheiten.

Eine etwas reichere Fauna ist bisher nur im Süden des Centralplateaus, in der Montagne Noire nachgewiesen worden. Die Schichtenfolge beginnt hier mit Kalken, die *Archaeocyathus* (2, 10) enthalten, ein zuerst aus Spanien bekannt gewordenes, später auch in Sardinien, Nord-

[1]) Faune silurienne des environs de Hof, Prag 1868.

[2]) Gümbel, Grundzüge der Geologie, S. 544. — Pompeckj, Ein neuentdecktes Vorkommen von Tremadoc-Fossilien bei Hof, Hof 1897.



amerika und Sibirien wiedergefundenes, seiner systematischen Stellung nach noch sehr unsicheres, zu den Korallen, Spongien oder auch zu den Kalkalgen gestelltes Fossil. Darüber folgen Paradoxiden-Schiefer mit grossen Exemplaren von *P. mediterraneus, Agnostus, Conocoryphe (striata* Barr.*), Ptychoparia, Acrothele* etc. Den Schluss bilden Schiefer und Sandsteine, die bisher nur Wurmspuren geliefert haben [1]).

In der Bretagne besteht die über dem Briovérien (S. 42) folgende cambrische Schichtenreihe aus Conglomeraten, Sandsteinen, Schiefern und Kalken, zu denen oft noch ansehnliche Eruptivergüsse und Tuffe hinzutreten. Von Fossilien hat sich bisher nur im oberen Theil der Serie eine *Lingula (Criéi)* gefunden [2]).

Auch auf der **iberischen Halbinsel** sind cambrische Ablagerungen an verschiedenen Punkten nachgewiesen worden, besonders in Asturien, Leon und Aragon [3]). Die Verhältnisse sind hier ganz ähnliche, wie in der Mont. Noire: die bis mehrere 1000 m mächtig werdende Schichtenfolge enthält allenthalben nur Fossilien des Paradoxidenniveaus — *Paradox. rugulosus* Cord., *Conocoryphe Sulzeri* Schl., *Ellipsocephalus* u. a. sind schon in den 50er Jahren durch de Verneuil und Barrande aus Asturien beschrieben worden —, während solche der *Olenellus*- und *Olenus*-Schichten noch nicht aufgefunden worden sind.

Von anderen cambrischen Gebieten Südeuropas kommt nur noch **Sardinien** in Betracht. Die steil aufgerichtete, ausserordentlich stark gefaltete, aus Sandsteinen, Quarziten, Schiefern und Kalken bestehende Schichtenfolge enthält eine reiche, aber leider sehr schlecht erhaltene Fauna, die uns durch Meneghini, J. G. Bornemann und Pompeckj bekannt geworden ist. Einen Hauptbestandtheil bilden sehr zahlreiche und mannigfaltige Archaeocyathinen. Nächstdem sind Trilobiten und Brachiopoden wichtig. Aus den mit Sicherheit bestimmten Formen — *Paradoxides mediterraneus, Conocoryphe Heberti und Levyi* (auch in Spanien, bezw. Südfrankreich), *Ptychoparia, Lingula, Obolella* etc. darf man mit Pompeckj mit grosser Wahrscheinlichkeit auf ein mittelcambrisches Alter schliessen [4]).

Werfen wir einen Rückblick auf die cambrischen Ablagerungen in den verschiedenen Gebieten Europas, so springen besonders drei wichtige Thatsachen in die Augen: 1. die anscheinende Beschränkung der *Olenellus*-Schichten auf den Norden Europas, 2. die nahezu allgemeine Verbreitung der *Paradoxides*-Schichten und 3. die geringe, wiederum auf den

[1]) Vergl. auch Bergeron, Führer z. d. Excurs. d. 8. intern. Geologen-Congr. zu Paris, 1900, Nr. XVIII.

[2]) Ch. Barrois, Ebendas. Nr. VII.

[3]) Barrois, Rech. s. l. terr. anciens. des Asturies et d. l. Galice, 1882.

[4]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1901, S. 1.

Norden beschränkte Verbreitung der *Olenus*-Schichten. Diese Thatsachen weisen auf eine in mittelcambrischer Zeit beginnende Ueberfluthung des heutigen Mittel- und Südeuropas und auf einen gegen Ende jener Zeit eintretenden Rückzug des Meeres aus den genannten Gegenden hin. Dass diese weithin zu verfolgenden Meeresbewegungen örtlich von entgegengesetzten Oscillationen begleitet sein könnten, zeigt die oben erwähnte Trockenlegung des baltischen Gebietes in mittelcambrischer Zeit.

Unter den aussereuropäischen Erdtheilen ist kein anderer für die Kenntniss des Cambriums so wichtig geworden als **Nordamerika**. Cambrische Ablagerungen sind hier an einer grossen Zahl von Punkten und in ausserordentlicher Verbreitung vom atlantischen Ocean bis nach Californien und von Canada und Britisch Columbia bis nach Alabama, Texas und Arizona hin nachgewiesen worden. Zum Theil ruhen sie — wie im Staate New-York, in Canada u. a. — unmittelbar auf archäischen, zum Theil aber — wie im Innern des Continentes — auf algonkischen Gesteinen. Diese älteren Gebilde sind stets aufgerichtet und gefaltet, während das gewöhnlich mit einem Grundconglomerat beginnende Cambrium discordant und örtlich — wie im Staate New-York und an einigen Punkten im Westen (vergl. Fig. 15) — nahezu horizontal über ihnen liegt.

Unsere Kenntniss des nordamerikanischen Cambriums stützt sich auf die Arbeiten einer grossen Zahl von Forschern, unter denen wir hier nur J. Hall, Emmons, Billings, Dawson, Meek, Hartt, Whitfield, White, Matthew und Walcott nennen, von welchen zumal der letzte in neuester Zeit zwei sehr wichtige zusammenfassende Werke veröffentlicht hat[1]).

Die Zusammensetzung und Mächtigkeit der Schichtenfolge ist natürlich bei der Grösse des Gebietes eine sehr wechselnde. Seine bedeutendste Dicke besitzt das Cambrium im Westen des Felsengebirges, wo es aus nicht weniger als 3000 m Quarzit und Sandstein und etwa 1800 m darüber folgendem Kalk besteht. Auch im Gebiet der Appalachen beträgt seine Mächtigkeit noch 4500 m. Dagegen sinkt sie im östlichen Canada, besonders auf Neufundland, auf noch nicht 1000 m herab.

Walcott unterscheidet für Nordamerika vier Hauptregionen (die atlantische, die appalachische, die innercontinentale und die der Rocky Mountains) mit einer ganzen Reihe von Unterregionen. Man wird aber

[1]) Bullet. of the U. St. geol. survey, Nr. 81. Correlation papers: Cambrian 1891. — Fauna of the lower Cambrian or Olenellus-Zone, 10. annual report of the U. St. geol. surv. 1890.

Fig. 17. Theoretischer Durchschnitt durch den nordamerikanischen Continent zu Ende der cambrischen Periode. Nach Ch. Walcott.
Arch. = Archäische, *Alg.* = algonkische Gesteine. *cu*, *cm*, *co* = Unter-, Mittel-, Obercambrium.

Frech [1]) Recht geben, wenn er die Unterscheidung von zwei Hauptprovinzen, einer östlichen oder atlantischen, die das östliche Canada, insbesondere Labrador, Neufundland und Neubraunschweig sowie die sogen. Neuenglandstaaten umfasst, und einer westlichen oder pacifischen, der der ganze innere und westliche Theil des Gebietes bis nach Californien zufällt, für ausreichend erachtet. Die Unterschiede der beiden Provinzen sprechen sich besonders in faunistischen, durch alle Niveaus hindurchgehenden Differenzen aus. Besonders wichtig ist in dieser Hinsicht das völlige Fehlen der wichtigen Leitgattung *Paradoxides* in der ganzen pacifischen, und ihre reiche Vertretung in der atlantischen Region. Zur Erklärung muss man annehmen, dass die Mitte des heutigen nordamerikanischen Continentes in der ganzen älteren cambrischen Zeit trocken lag und eine breite („algonkische") Landscheide zwischen der atlantischen und pacifischen Meeresregion bildete. Erst in obercambrischer Zeit versank diese trennende Scheide zum grössten Theil unter den Meeresspiegel [2]), so dass — im Gegensatz zu den sich nur im Westen und im Osten des Continentes findenden unter- und mittelcambrischen Schichten — die obercambrischen sich als transgredirende Decke über das ganze Gebiet ausbreiteten.

Die erhebliche Verschiedenheit der cambrischen Fauna des Ostens und der Mitte von der des Westens Nordamerikas ist eines der wichtigsten Ergebnisse der neuen Forschungen. Sie ist um so wichtiger, als die ostamerikanische Entwickelung im Wesentlichen derjenigen Europas entspricht. Man kann aussprechen, dass das Cambrium der atlantischen Region Nordamerikas dem europäischen Typus folgt, während weiter nach

[1]) Lethaea palaeozoica II, 1, S. 48.

[2]) Sollten freilich spätere Forschungen zeigen, dass der Potsdam-Sandstein in seiner Hauptmasse mehr eine äolische als eine marine Bildung darstellt, so würde die Annahme von der Versenkung der algonkischen Landmasse unnöthig sein. Dieser Gedanke scheint um so näher zu liegen, als für die ältere Untersilurzeit jene Scheide wieder als vorhanden angenommen werden muss.

Westen zu ein abweichender (der pacifische) Typus herrscht. Am grössten ist die Uebereinstimmung mit Europa in Neubraunschweig und Neufundland, wo die unermüdlichen Forschungen von G. F. Matthew[1]) nicht nur für das Mittelcambrium (vergl. S. 52), sondern auch für das Obercambrium eine weitgehende Aehnlichkeit in der ganzen Zusammensetzung und Aufeinanderfolge der Faunen mit Nordeuropa und namentlich Schweden nachgewiesen haben. Eine ganze Reihe von wichtigen schwedischen Arten, wie *Dictyograptus flabelliformis, Orthis lenticularis, Agnostus pisiformis, Peltura scarabaeoides, Parabolina spinulosa, Sphaerophthalmus alatus* u. a. sind beiden Gebieten gemeinsam.

Die cambrische Schichtenfolge Nordamerikas wird jetzt folgendermaassen eingetheilt:

Potsdam-Schichten	*Dicellocephalus* oder *Peltura*-Schichten	Typus: Potsdam-Sandstein der Adirondack-Berge von New-York, der benachbarten Theile Canadas u. s. w. Knox-Schiefer in Tenesseé, Georgia u. s w. Hamburg-Kalke und -Schiefer von Nevada, Idaho und Montana. Schiefer mit *Dictyograptus*, *Peltura* etc. von Neu-Braunschweig etc.
Acadian (St. John-Schichten)	*Paradoxides*- und äquivalente Trilobiten-Schichten	Typus: *Paradoxides*-Schichten von Braintree, Mass., St. John in Neu-Braunschweig und Neufundland. Kalke von Mittel-Nevada und Brit. Columbia. Tonto-Sandstein von Arizona. Mittl. Theil d. cambr. Serie der Wasatchberge in Utah.
Georgian	*Olenellus*-Schichten	Typus: Schiefer und Sandsteine von W.-Vermont, New-York und Canada und sog. Red Sandrock von N.-Vermont. Quarzite des Prospect-Mountain im Eureka-Distrikt in Nevada. Kalke und Sandsteine der Belle Isle Strasse (Labrador) etc.

Die tiefste Abtheilung, die Georgia-Gruppe, besteht, wo sie typisch entwickelt ist, aus einer über 1000 m mächtigen Folge von dolomitischem Kalkstein, Sandstein, sandigen Mergelschiefern u. s. w., welche mehrere Arten der so bezeichnenden, über ganz Nordamerika verbreiteten Gattung *Olenellus,* daneben aber noch die Trilobitengattungen *Olenoides, Conocoryphe, Ptychoparia, Arionellus, Crepicephalus, Anomocare, Protypus, Microdiscus*, *Agnostus* u. a., ein paar andere Crustaceen (*Pro-*

[1]) Transact. New-York Acad. of Science, v. 14, 105; v. 15. 192, 1895 u. 1896. — Transact. Roy. Soc. of Canada, v. 3, sect. IV, 165, 1892.

tocaris, Leperditia), eine Reihe von Gastropoden *(Scenella, Stenotheca, Platyceras)* und Pteropoden (*Hyolithes, Hyolithellus* u. a.), spärliche kleine Lamellibranchiaten *(Fordilla, Modioloides)*, eine Anzahl von Brachiopoden (*Lingulella, Acrotreta, Kutorgina, Linnarssonia, Acrothele, Obolella, Orthisina* u. a.), eine noch fragliche Cystidee, ein paar zweifelhafte Graptolithen *(Phyllograptus* und *Climacograptus?)*, verschiedene Spongien, Archaeocyathinen sowie Anneliden- und Algenspuren enthält.

Die mittlere Abtheilung, die St. John- oder Paradoxides-Schichten, ist besonders durch das Auftreten grosser *Paradoxides*-Arten — darunter *P. Harlani*, vielleicht der grösste überhaupt bekannte Trilobit — ausgezeichnet, zu denen sich noch *Olenoides, Ptychoparia, Arionellus, Agnostus* und andere Trilobiten, einige Ostracoden, mehrere Arten der Pteropodengattung *Hyolithes*, ein paar Gastropoden, zahlreiche Species von *Lingulella, Obolella, Kutorgina, Acrotreta, Orthis* und anderen Brachiopodengattungen, sowie endlich einige Graptolithen und Spongien gesellen.

Die obere Abtheilung der Formation endlich, der schon am längsten bekannte, weit verbreitete, im St. Lorenzthale bis 1800 m mächtig werdende röthliche Potsdamsandstein, besteht vorwaltend aus Sandsteinen, die nach der Basis zu oft conglomeratisch werden, nicht selten Wellenfurchen, Kriechspuren, Trocknungsrisse und andere Anzeichen für ihre Ablagerung aus seichtem Wasser oder vielleicht richtiger auf festem Lande enthalten. Die bezeichnendste und zugleich eine der verbreitetsten Gattungen der Fauna ist *Dicellocephallus* (1, 7). Von sonstigen Trilobiten wären noch *Ptychoparia, Arionellus, Agnostus, Ptychaspis* u. a., verschiedene Gastropoden, eine Menge von Brachiopoden (besonders *Obolella, Lingulella*) u. a. m. zu erwähnen.

Dass die gleichalterigen Schichten des östlichen Canada eine ganz abweichende Entwickelung zeigen und *Dictyograptus, Peltura, Parabolina* und andere nordeuropäische Leitformen einschliessen, ist bereits oben hervorgehoben worden [1]).

In **Südamerika** ist das Cambrium bisher nur aus dem Norden der argentinischen Republik, aus den Staaten Salta und Jujuy bekannt geworden [2]). *Liostracus, Agnostus, Lingulella* und andere Formen sprechen für Mittelcambrium.

---

[1]) Matthew's Etcheminian, das eine besondere, in Neu-Braunschweig unter dem Cambrium liegende Formation mit Anneliden, Brachiopoden etc., aber ohne Trilobiten sein sollte, wäre nach Walcott nur ein Zubehör der *Olenellus*-Schichten. Dagegen hätte die sogen. *Protolenus*-Fauna von M. (mit *Protolenus*, *Ellipsocephalus* etc) (vergl. das Referat Neu. Jahrb. f. Min. 1897, I, 322) nach W. ihren Platz über den *Olenellus*-Schichten.

[2]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1897, 274.

In **Australien** sind ober-, mittel- und, wie es scheint, auch unter-cambrische Ablagerungen mit *Dicellocephalus, Conocoryphe* und *Olenellus* (?) im Süden des Continentes, wie auch in Tasmanien verbreitet.

In **Asien** kennt man sie aus China, Korea, Nordsibirien und Ostindien.

In China gehört hierher die besonders in der Provinz Liautung gut entwickelte, 3500—6000 m mächtige, zu unterst vorwiegend aus tiefrothen Sandsteinen, zu oberst aus Kalken aufgebaute Sinische Formation v. RICHTHOFEN's. Auf grosse Erstreckung flach bis fast horizontal gelagert, schliesst sie in ihrem obersten Theile eine ziemlich reiche, wahrscheinlich mittelcambrische Fauna mit *Olenoides* (= *Dorypyge*), *Conocoryphe*, *Liostracus*, *Agnostus*, *Orthis Linnarssoni* etc. ein[1]).

In Sibirien besitzen die ebenfalls zum grossen Theil flach liegenden cambrischen Schichten an der unteren Lena, am Wilui, Olenek und der Tunguska eine ausserordentliche Verbreitung. *Liostracus*, *Anomocare*, *Agnostus* etc. weisen auf Mittelcambrium hin, während Kalke und Mergel mit einer reichen Archaecyathinen-Fauna, mit *Olenoides*, *Microdiscus*, *Olenellus*, *Kutorgina* u. s. w. dem Untercambrium zugerechnet werden[2]).

In Indien endlich finden sich cambrische Bildungen in der östlichen Salt-Range. Nach NÖTLING[3]) gliedern sie sich folgendermaassen:

1. Bhaganwalla-Gruppe mit Steinsalzkrystalloiden.
2. Jutana-Gruppe, sogen. Magnesian sandstone, mit *Stenotheca*.
3. *Neobolus*-Schichten
   - a) Zone mit *Olenellus*, Trimerelliden etc.
   - b) Zone mit *Neobolus Warthi*.
   - c) Oberer Anneliden-Sandstein.
   - d) Zone mit *Hyolithes Wynnei*.
   - e) Unterer Anneliden-Sandstein.

Darunter folgt der früher (S. 43) erwähnte Purpursandstein und die Saline Series. Bereits die Jutana-Gruppe gehört dem Untercambrium an; die unter der *Olenellus*-Zone liegenden Schichten aber scheinen die ältesten bisher überhaupt nachgewiesenen cambrischen Fossilien einzuschliessen.

Von grossem Interesse sind auch die auf ehemaligen Salzgehalt hinweisenden Pseudomorphosen nach Steinsalz in der Bhaganwalla-Gruppe.

Eine für die Gesammtheit der cambrischen Ablagerungen gültige Eintheilung, wie sie bereits in den vorstehenden Mittheilungen angewandt wurde, ist durch die Arbeiten von LINNARSSON angebahnt worden, der

[1]) v. RICHTHOFEN, China Bd. II, 107; Bd. IV, S. 3, 24.
[2]) v. TOLL, Mém. Acad. St. Pétersb. 8, Nr. 10, 1899.
[3]) Records of the geol. Survey of India, Bd. 27, S. 71, 1894.

zuerst die Paradoxiden-Schichten als eine tiefere Abtheilung von den Olenus-Schichten trennte. In der That ist diese Eintheilung nicht nur für Europa, sondern auch für Nordamerika gültig, da auch hier das Auftreten der Paradoxiden überall eine Phase anzeigt, die älter ist als die durch das Erscheinen der Gattung *Olenus* gekennzeichnete — eine Thatsache, die dadurch, dass in Amerika in dieser Phase nicht *Olenus* selbst, sondern verwandte Formen, wie *Peltura* oder *Dicellocephalus* die Hauptrolle spielen, kaum an Bedeutung verliert. Später hat LAPWORTH den beiden erwähnten LINNARSSON'schen Stufen noch eine dritte hinzugefügt für die tiefsten conglomeratisch-sandigen Schichten, die in den meisten cambrischen Gebieten an der Basis der Formation auftreten. Da man aus dieser ältesten Abtheilung früher kaum etwas anderes als Algen- und Annelidenspuren kannte, so schlug LAPWORTH dafür die Benennung Annelidian vor[1]). Nachdem aber im Annelidian in nahezu universeller Verbreitung eine reiche Fauna bekannt geworden ist, in der die Gattung *Olenellus* die Hauptrolle spielt, lag es nahe, den eben genannten Ausdruck durch die Bezeichnung Olenellidian oder Olenellus-Stufe zu ersetzen. Wir gelangen so zu einer Dreitheilung des Cambriums, die in folgender synchronischer Tabelle zum Ausdruck kommt:

	England	Schweden	Balticum	Böhmen	N.-Amerika
	Obere Grenze: *Dictyonema*-Schiefer				
Ober-Cambrium oder *Olenus*- (*Dicellocephalus*-)Schichten	*Lingula*-flags	*Olenus*-Schiefer	Unguliten-Sandstein	D_1 α u. β BARRANDE?	Potsdam-Sandstein
Mittel-Cambrium oder *Paradoxides*-Schichten	Menevian	*Paradoxides*-Schiefer	—	Jinetzer Schiefer Przibramer Grauwacke	St. John- oder Acadische Gruppe
Unter-Cambrium oder *Olenellus*-Schichten	Llongmynd oder Caerfai	Fucoiden- u. *Eophyton*-Sandstein	Fucoiden-Sandstein, Blauer Thon, Sand	—	Georgia-Gruppe

Bei Besprechung der cambrischen Ablagerungen Nordamerikas ist bereits die sehr bemerkenswerthe Thatsache hervorgehoben worden, dass eine ganze Reihe von Arten des schwedischen und englischen Cambriums

[1]) Geolog. Magazine, 1881, S. 260 u. 317.

über die ganze Breite des atlantischen Oceans bis nach Ostcanada hinübergreifen. Da auch die ganze Aufeinanderfolge der verschiedenen Zonen bis in viele Einzelheiten mit Nordeuropa übereinstimmt, so kann man nur annehmen, dass die fraglichen ostcanadischen und europäischen Schichten einem und demselben Ablagerungsbecken angehören. Es muss mit anderen Worten in der cambrischen Periode ein zusammenhängendes Meer von Europa nach dem östlichen Nordamerika hinübergereicht haben. Dieses grosse nordatlantische Becken muss im Norden von einem sehr ausgedehnten, von Nordeuropa über Grönland bis nach dem nördlichen Amerika sich erstreckenden arktischen Continente begrenzt worden sein. Im Süden war das genannte Becken wahrscheinlich ebenfalls von einer geschlossenen Landmasse begrenzt, die als afrikanisch-brasilischer Continent von Afrika über den jetzigen südatlantischen Ocean nach Südamerika hinüberreichte.

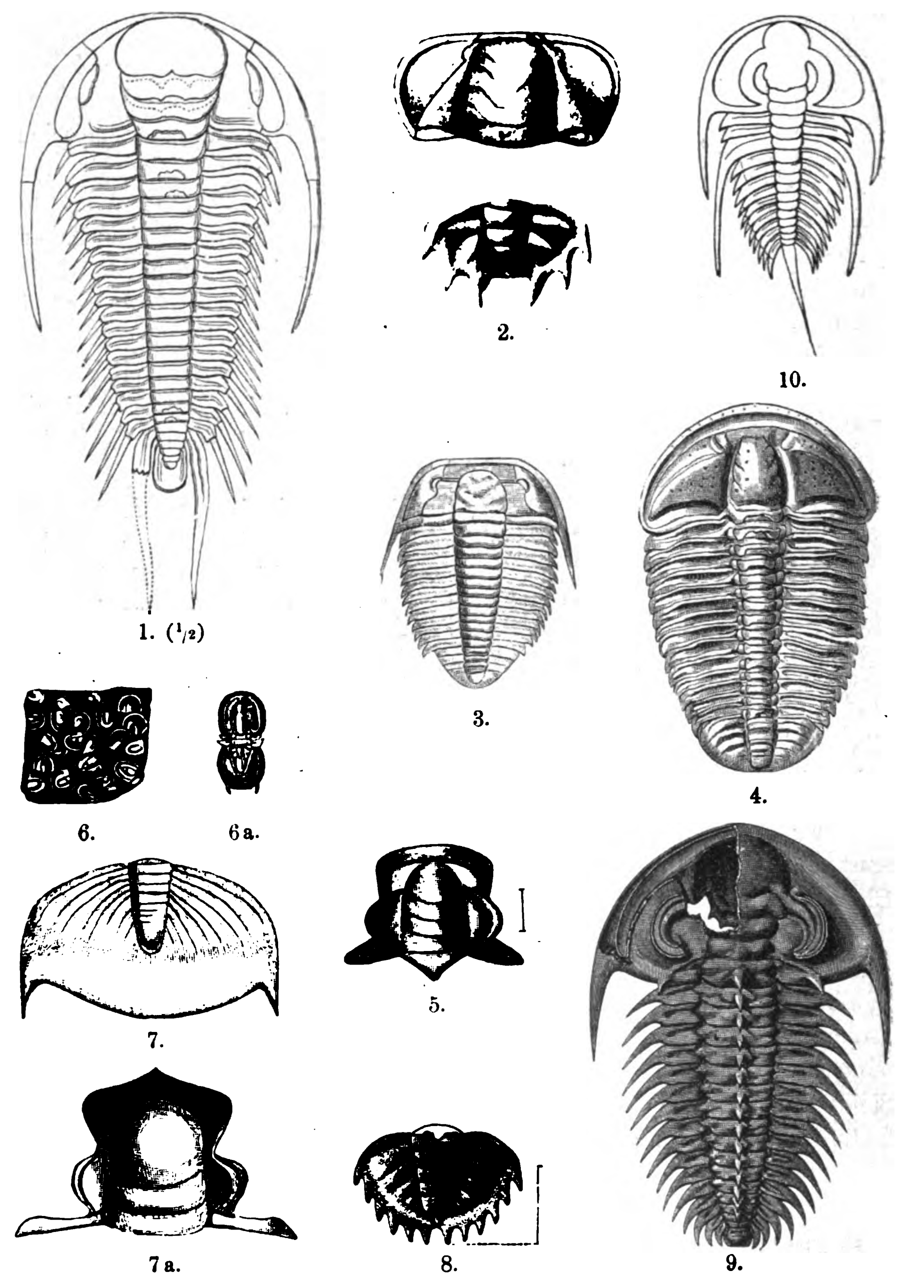
Im Westen der neuen Welt, jenseits einer breiten Landmasse, die wahrscheinlich einen nach Süden gerichteten Ausläufer des arktischen Continents darstellte, lernten wir eine in verschiedener Hinsicht von der des nordatlantischen Beckens abweichende Fauna kennen: die eines zweiten, des pacifischen Beckens. Dieser Hauptocean unserer Erde hat nach gewöhnlicher Annahme schon in cambrischer Zeit bestanden. Ja er besass damals eine noch grössere Ausdehnung als heute, da auch die cambrischen Faunen Chinas, Sibiriens und Argentiniens — wie dies schon im Fehlen von Paradoxiden zum Ausdruck zu kommen scheint — mehr dem pacifischen als dem atlantischen Typus folgen.

Einer dritten Region könnten die cambrischen Ablagerungen Australiens und Indiens angehören, welche letzte manche faunistische Eigenthümlichkeiten zeigen.

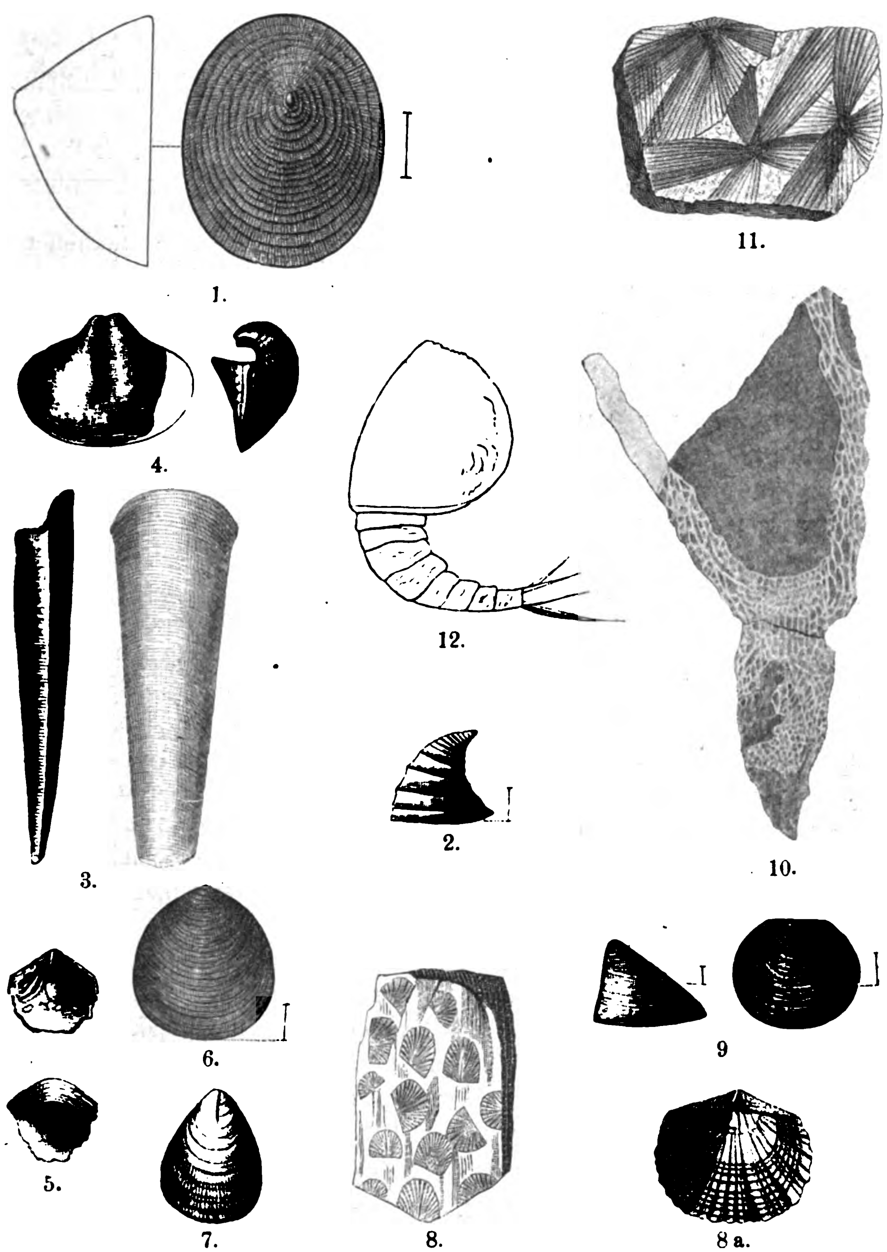
Eine besondere Hervorhebung verdient noch die weite Verbreitung mächtiger, überwiegend rothgefärbter Sandsteine in allen Niveaus des Cambriums. In ihrer Versteinerungsarmuth, ihrer oft transgredirenden Lagerung und ihrer sonstigen Beschaffenheit (Diagonalstructur, Trocknungsrisse, Fährten, gelegentlich sogar Pyramidalgeschiebe) zeigen diese Sandsteine alle die Merkmale, die nach Joh. Walther für Wüstenbildungen eines heissen, trocknen Klimas bezeichnend sein sollen.

Paläontologischer Charakter der cambrischen Formation.

Kein Gebiet der Erde hat bisher so viele cambrische Fossilien geliefert wie Nordamerika. Hat doch Walcott schon vor 10 Jahren allein aus dem dortigen Untercambrium nicht weniger als 59 Gattungen mit 152 Species und Varietäten aufgeführt! Die Gesammtzahl der bis



Taf. 1. Cambrische Trilobiten. 1. *Paradoxides bohemicus* Barr. 2. *Peltura scarabaeoides* Wahlenb., Kopf- und Schwanzschild. 3. *Olenus truncatus* Brünn. 4. *Conocoryphe Sulzeri* Schloth. 5. *Ptychoparia misera* Bill., Mitteltheil des Kopfes. 6. *Agnostus pisiformis* Lin. 6a. Ders. vergr. 7. *Dicellocephalus minnesotensis* D. Owen, Schwanzsch. 7a. Mittelth. d. Kopfsch. 8. *Olenoides Ellsi* Walcott, Schwanzsch. 9. *Olenellus (Holmia) Kjerulfi* Linnars (ein Theil der Glabella ist fortgebrochen und dadurch das Hypostom sichtbar geworden). 10. *Olenellus Gilberti* Meek.



Taf. 2. Cambrische Versteinerungen. 1. *Scenella reticulata Billings*, v. ob. u. v. d. Seite, vergr. 2. *Stenotheca rugosa* HALL, v. d. Seite, vergr. 3. *Hyolithes varens* BARR. (an d. Spitze unvollst.). 4. *Kutorgina cingulata* BILLINGS, Ventral- und Seitenansicht. 5. *Obolus Apollinis* EICHW., grössere Klappe v. aussen u. innen, unvollst. 6. *Obolella chromatica* BILL., Dorsalkl., vergr. 7. *Lingulella Davisii* M'COY. 8. *Orthis lenticularis* WAHLENB. 8a. Dieselbe vergr. 9. *Acrotreta gemma* BILL., Dorsalklappe v. d. Seite u. Ventralkl., vergr. 10. *Archaeocyathus minganensis* BILL. 11. *Dictyograptus flabelliformis* EICHW. 12. *Hymenocaris vermicauda* SALT.

jetzt beschriebenen cambrischen Arten Nordamerikas lässt sich auf etwa 450 veranschlagen. Die gleichaltrigen Faunen der verschiedenen Länder Europas und anderer Continente sind viel ärmer und haben zusammen nicht so viele Species geliefert wie Amerika für sich allein. Alles in Allem kann man annehmen, dass die Gesammtzahl der jetzt bekannten cambrischen Formen 800 bis allerhöchstens 900 Arten beträgt.

Das ist sehr wenig gegenüber anderen paläozoischen Formationen, da z. B. das Silur weit über 10,000 Arten aufweist. Man darf indess nicht vergessen, dass in der Paläontologie aller Fortschritt von oben nach unten geht. Wusste man doch vor 100 Jahren noch so gut wie nichts von allen den wohl charakterisirten, über die ganze Erde verbreiteten paläozoischen Faunen, die wir heutzutage kennen. Nachdem man dann die Gliederung des früheren Grauwackengebirges durchgeführt, hielt man lange das Silur für die älteste versteinerungsführende Formation. Erst verhältnissmässig spät wurde unter dieser der *Paradoxides*-Horizont und erst ganz neuerdings tief unter diesem in weltweiter Verbreitung der *Olenellus*-Horizont nachgewiesen.

Angesichts dieser Erfahrungen darf man hoffen, dass künftige Forschungen die Zahl der cambrischen Arten und Gattungen noch sehr erheblich vermehren und damit die Formation auch nach dieser Seite den anderen grossen paläozoischen Formationen ebenbürtig machen werden. Am günstigsten liegen vielleicht die Aussichten für einen Zuwachs der cambrischen Fauna in China, wo nach v. Richthofen unter dem versteinerungsführenden Horizont von Liautung noch eine überaus mächtige, grossentheils aus oolithischen Kalksteinen bestehende Schichtenfolge entwickelt ist, aus der aber bis jetzt noch keine Versteinerungen bekannt geworden sind.

Die Zusammensetzung der cambrischen Faunen ist überall, wo man sie bisher kennen gelernt hat, eine überraschend gleichartige. Ueberall bestehen sie wesentlich aus Trilobiten und Brachiopoden, neben welchen nur wenige sonstige Mollusken und Kruster oder Vertreter anderer, noch tiefer stehender Thiergruppen vorhanden zu sein pflegen. Ueberhaupt kennt man bis jetzt aus dem Cambrium folgende Thierabtheilungen: Trilobiten, Phyllocariden, Ostracoden, Gastropoden, Pteropoden, Conchiferen, Brachiopoden, Würmer (in Form der als „Nereiten“ etc. bekannten Kriechspuren), Cystideen, Medusen, Graptolithiden, Korallen, Spongien, Protozoen (?) und Foraminiferen.

Weitaus die wichtigste Rolle spielen die Trilobiten, die infolge ihrer kosmopolitischen Verbreitung die Hauptleitfossilien abgeben. Diese grosse Verbreitung und ebenso das scheinbar plötzliche Auftauchen und

[1]) 10. annual report U. St. Geol. Surv., 1891.

Wiederverschwinden vieler Arten und Gattungen weist auf ein ausserordentliches Wanderungsvermögen hin, das ihnen aber wahrscheinlich nur im Larvenzustand zukam, wo sie als Plancton durch die Meeresströmungen rasch über ungeheure Flächen verbreitet wurden. Die cambrischen Trilobiten unterscheiden sich von denen der jüngeren Formationen durch mehrere Eigenthümlichkeiten, nämlich 1. durch die meist grosse Kürze der Schwanzklappe, die oft zu einem kleinen Anhang oder gar, wie bei manchen *Olenellus*-Arten, zu einem blossen Endstachel reducirt ist; 2. durch das ihnen in der Regel abgehende Einrollungsvermögen und 3. durch die den meisten zukommende Blindheit. Viele haben zwar Augensockel, diesen fehlt aber jede Spur von Augenlinsen.

Als ein besonders typischer Vertreter der cambrischen Trilobiten ist die ganz auf die mittlere Abtheilung der Formation beschränkte Gattung *Paradoxides* (**1**, 1) zu nennen, die durch ihre bedeutende Grösse — *P. Harlani* und *regina* werden bis ½ m lang — ihr halbmondförmiges, nach hinten in lange Hörner ausgezogenes Kopfschild, eine sehr breite, nach vorn keulenförmig erweiterte Glabella, dornförmig auslaufende Rumpfringe und ungemein kurzen Schwanzlappen ausgezeichnet ist. Die nahestehende, ausschliesslich untercambrische Gattung *Olenellus* (**1**, 9) unterscheidet sich von *Paradoxides* hauptsächlich durch das mehr oder weniger vollständige Fehlen von Gesichtsnähten. Andere Unterschiede liegen im Bau der Glabella und der grossen, dicht an die Glabella herangerückten und mit ihr verfliessenden Augen, im häufigen Auftreten von Rumpf-, Nacken- oder eines Schwanzstachels. Man theilt die Gattung jetzt in die drei Untergattungen ein: *Olenellus* s. str. (mit einem in einen Endstachel umgebildeten Pygidium; **1**, 10), *Mesonacis* (schmal, mit sehr zahlreichen, oft stacheltragenden Rumpfringen) und *Holmia* (breit, mit kurzstacheligen Rumpfringen).

Die kleinere Gattung *Olenus* (**1**, 3) ist durch verhältnissmässig kurze, aber breite, ovale Glabella, einen Wulst am Vorderrande des Kopfschildes, kleine, schmale, durch besondere Leisten mit der Glabella verbundene Augen u. s. w. ausgezeichnet, die Gattung *Dicellocephalus* (**1**, 7) besonders durch ein ungewöhnlich grosses und breites Schwanzschild. Beide genannte Gattungen, ebenso wie *Peltura* (**1**, 2; Hinterecken des Kopfschildes gerundet, Schwanzschild mit gezacktem Rand), *Olenoides* (**1**, 8; Schwanzschild am Rand mit Dornen besetzt) und *Conocoryphe* gehören der umfangreichen Familie der Olenidae an. *Conocoryphe*, die durch das ganze Cambrium bis ins tiefste Silur hinaufgeht, zeichnet sich aus durch halbkreisförmiges Kopfschild mit leistenförmig verdicktem Rande, schmale, durch tiefe Furchen begrenzte Glabella und stark gegliederten Rumpf und Schwanz. Man theilt sie jetzt ein in *Conocoryphe* s. str., ohne Augenhöcker und mit fest mit dem Mitteltheil des Kopfes ver-

wachsenen Wangen (1, 4) und *Ptychoparia* mit Augenhöckern und freien Wangen (1, 5).

Ein anderer im Cambrium sehr wichtiger und weit verbreiteter, durch die ganze Formation hindurchgehender und ebenfalls bis ins älteste Silur aufsteigender Trilobit ist *Agnostus* (1, 6). Die sehr kleine Form hat nur zwei Rumpfringe, Augen und Gesichtsnähte fehlen, Kopf- und Schwanzschild sind sich ähnlich. Die Gattung bildet den Typus einer besonderen, von der der Olenidae sehr abweichenden Familie der Agnostidae.

Im Vergleich zu der grossen Rolle, welche die Trilobiten spielen, treten andere Kruster, wie die Phyllocariden (2, 12) und die Ostracoden oder Muschelkrebse, sehr in den Hintergrund.

Den wichtigsten Bestandtheil der cambrischen Faunen bilden nächst den Trilobiten überall die Brachiopoden. Sie werden ganz überwiegend durch schlosslose, hornschalige Formen aus der Familie der Linguliden vertreten. Zu den verbreitetsten Gattungen gehören *Lingulella* (2, 7), *Obolus* (2, 5), *Obolella* (2, 6), *Acrotreta* (2, 9), *Acrothele, Linnarssonia*, *Kutorgina* (2, 4). Schlosstragende Formen, wie *Orthis* (2, 8), sind noch selten.

Von eigentlichen Mollusken ist allein die gewöhnlich bei den Pteropoden untergebrachte Gattung *Hyolithes* oder *Theca* (2, 3), eine dreikantige, köcherförmige, deckeltragende Form mit horniger Schale, durch ihre grosse Häufigkeit und allgemeine Verbreitung wichtig, während ächte, spiralgebaute Schnecken und Zweischaler noch sehr selten und immer klein sind. Die Kleinheit bildet überhaupt ein bezeichnendes Merkmal der meisten cambrischen Fossilien; grosse Formen findet man allein unter den Trilobiten und Hyolithen.

Ueberblicken wir zum Schluss die Gesammtheit der cambrischen Faunen, so lässt sich nicht läugnen, dass sie, namentlich im Vergleich mit den nachfolgenden paläozoischen Faunen, noch in vielen Punkten die Züge einer tiefstehenden Fauna an sich trägt. So darin, dass von Echinodermen nur die tiefststehenden Cystideen vertreten sind, von Brachiopoden nur die Inarticulaten, dass von Gastropoden und Lamellibranchiaten nur einige wenige kleine, meist noch nicht typisch gebaute Formen auftreten, dass weiter die höchst organisirten Mollusken, die Cephalopoden, noch zu fehlen scheinen — ob die winzigen sogen. Volborthellen des russischen Cambriums wirklich Cephalopoden sind, ist mindestens noch zweifelhaft —, dass endlich höher organisirte Thiere als die Crustaceen nach unserer jetzigen Kenntniss überhaupt noch nicht vorhanden waren. Dies gilt namentlich für alle Wirbelthiere.

Wie es scheint, war alles Leben der cambrischen Periode ausschliesslich marin. Wir haben keine Andeutung, dass damals bereits

Land- oder Süsswasserbewohner vorhanden gewesen wären. Auch von Pflanzen kennt man aus dem Cambrium nur marine Algen; und auch ein grosser Theil der als solche gedeuteten Formen, wie *Eophyton, Cruziana, Oldhamia* u. a. m., sind wohl nur zufällige, die Gestalt von Pflanzen nachahmende Gebilde, sogen. Pseudoorganismen.

B. Silurische Formation.

Geschichtliches.

Wie bereits oben (S. 45) erwähnt, ist der Ausdruck Silur (nach dem keltischen Volksstamme der Silurer, die zur Zeit der Eroberung Britanniens durch die Römer das westliche England bewohnten), der für alle Zeiten mit dem Namen von Roderick Murchison verknüpft bleiben wird, von diesem zuerst im Jahre 1835 für eine Schichtfolge angewandt worden, die älter sein sollte als der überliegende (später als ein Aequivalent des Devon erkannte) Old Red Sandstone und jünger als Sedgwick's cambrisches System. Es ist auch schon hervorgehoben worden, dass Murchison die Bezeichnung Silur ursprünglich nicht in der weiten Ausdehnung nach unten zu gebrauchte wie später, wo er nicht nur Sedgwick's Obercambrium, sondern — nachdem Barrande die böhmischen *Paradoxides*-Schichten als „Primordialfauna des Silur" classificirt hatte — auch deren vermeintliche englische Aequivalente, Sedgwick's Mittelcambrium, in sein Silur mit einbegriff. Murchison's Bemühungen, die silurische Formation auf Kosten der cambrischen zu erweitern, blieben schon wegen seiner einflussreichen Stellung als Generaldirektor der geologischen Landesaufnahme Grossbritanniens nicht ohne Erfolg. Noch mehr aber trugen zu diesem seine zahlreichen Schriften bei, namentlich das grosse, epochemachende, im Jahre 1839 veröffentlichte „Silurian System". Dieses Werk gab die erste ausführliche Darstellung der von ihm und von Sedgwick bei der Untersuchung der älteren Gesteinsbildungen in Herefordshire, Wales und den Nachbargebieten gewonnenen Ergebnisse, während das spätere, in mehreren Auflagen[1]) unter dem Titel „Siluria" erschienene Buch, gewissermaassen nur eine kürzere und handlichere Neubearbeitung des „Silurian System", den weiteren Fortschritten in der Kenntniss der paläozoischen Formationen Rechnung trug. Durch diese Werke, sowie die sehr ins Gewicht fallende Unterstützung Barrande's brachte Murchison es mit der Zeit in der That dahin, dass die grosse Menge der englischen und fremden Geologen den Ausdruck Silur gleich ihm in einem weiteren als dem ursprünglichen Sinne an-

[1]) 1. Aufl. 1854; 5. Aufl. 1867.

wandten. Wenn indess darin nur Wenige so weit gingen wie Murchison und Barrande selbst, so ist dies besonders dem Einflusse von Charles Lyell zu danken, der in seinen weit verbreiteten Lehrbüchern nur Sedgwick's Obercambrium zum Silur zog, während er für die tieferen Schichten den Namen Cambrium beibehielt.

Die verschiedene Bedeutung, welche Sedgwick, Murchison, die englische geologische Landesanstalt und Lyell den Namen Cambrium und Silur beilegten[1]), ist aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

<table>
<tr><th>Sedgwick</th><th>Murchison</th><th>Geol. Landes-anstalt</th><th>Lyell</th><th>Lapworth</th></tr>
<tr><td>Silur</td><td>Obersilur</td><td>Obersilur</td><td>Obersilur</td><td>Silur</td></tr>
<tr><td>Ober-Cambrium</td><td>Untersilur</td><td rowspan="2">Untersilur</td><td>Untersilur</td><td>Ordovicium</td></tr>
<tr><td>Mittel-Cambrium</td><td>Primordial-Silur</td><td rowspan="2">Cambrium</td><td rowspan="2">Cambrium</td></tr>
<tr><td>Unter-Cambrium</td><td>Cambrium</td><td>Cambrium</td></tr>
</table>

Um der aus diesen Abweichungen entspringenden Verwirrung ein Ende zu machen, schlug Lapworth 1881 (Geolog. Magazine S. 261) vor, die Bezeichnung Silur auf Murchison's Obersilur zu beschränken, das Untersilur dieses Forschers aber (Sedgwick's Obercambrium) durch den neuen Ausdruck Ordovician oder ordovicisches System (nach dem altbritischen Volksstamm der Ordovicier) zu ersetzen. Das Ordovicium würde sich mit dem decken, was Barrande als „erste silurische Fauna“ bezeichnete, während das Lapworth'sche Silur Barrande's „zweiter Silur-Fauna“ entsprechen würde. Dieser Vorschlag hat vielfach Anklang gefunden, und zwar um so mehr, als die gewöhnlich als Silur zusammengefasste Schichtenfolge durch die Zahl der in ihr enthaltenen Faunen in der That einen grösseren Umfang hat als die übrigen paläozoischen Formationen.

Im ursprünglichen Sinne von Sedgwick werden die Ausdrücke Cambrium und Silur heutzutage nur noch von der Geologenschule von Cambridge gebraucht. Die grosse Mehrzahl der deutschen, englischen, schwedischen und russischen Geologen dagegen hat sich der Classification von Lyell angeschlossen. Auch wir wollen in diesem Buche an ihr festhalten, jedoch mit der kleinen Abweichung, dass wir die Tremadocschichten, die Lyell als oberstes Cambrium ansieht, zusammen mit ihren

[1]) Vergl. J. Marr, Classification of Cambrian and Silurian rocks, 1883, S. 22.

skandinavischen, russischen und sonstigen Aequivalenten als unterstes Silur classificiren.

Es muss schliesslich noch erwähnt werden, dass in allerneuester Zeit in Amerika statt der Bezeichnung Untersilur oder Ordovicium der im Jahre 1842 von den New-Yorker Geologen MATHER, EMMONS, VANUXEM und HALL vorgeschlagene Name Champlainic, und statt der Bezeichnung Obersilur der von VANUXEM aufgestellte Name Ontaric in Aufnahme gekommen ist.

Verbreitung und Entwickelung der Silurformation.

Britische Inseln. Die silurischen Ablagerungen Grossbritanniens, wie sie besonders in der historischen Silurregion, dem südlichen Wales, Shropshire und Herefordshire, aber auch in Süd- und Nord-Schottland und Irland sehr entwickelt sind, stellen eine überall mehr oder weniger dislocirte, 6000—9000 m mächtig werdende Schichtenfolge dar, die jetzt allgemein in eine untere und eine obere Hauptabtheilung, das Untersilur oder Ordovicium und das Obersilur getrennt wird. MURCHISON legte die Grenze beider Abtheilungen zwischen die Unter- und Ober-Llandovery-Gruppe. LAPWORTH hat indess in überzeugender Weise die stratigraphische und faunistische Zusammengehörigkeit beider dargethan; und da in ganz England das Unter-Llandovery den älteren Ablagerungen (theils verschiedene untersilurische, theils aber auch cambrische Stufen) mit einer ausgesprochenen Discordanz aufliegt[1]), so lässt man jetzt in England allgemein das Obersilur mit der genannten Gruppe beginnen.

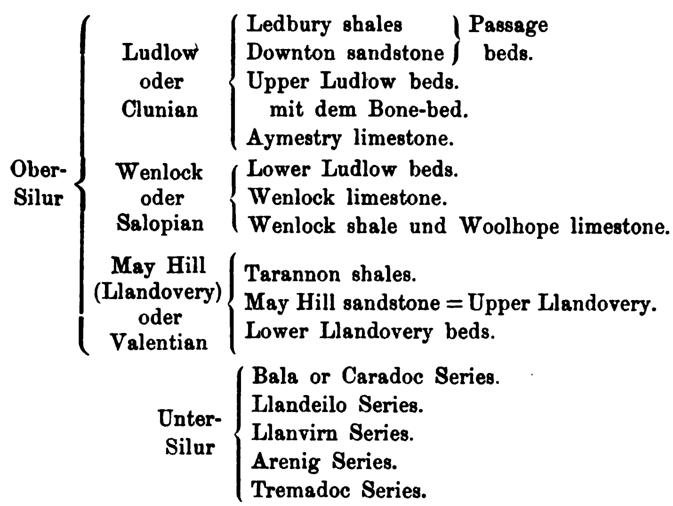
Bemerkenswerth ist, dass im englischen Untersilur zwischen den normalen Sedimenten fast allenthalben massenhafte, von Tuffen und sonstigen Auswurfsmassen begleitete Einlagerungen von Eruptivgesteinen (besonders Diabasen und Porphyren) auftreten, während das Obersilur von derartigen Einschaltungen frei ist. MURCHISON theilte das englische Silur in folgender Weise ein:

Obersilur	Ludlow Wenlock Upper Llandovery
Untersilur	Lower Llandovery Caradoc Llandeilo

[1]) Neuere Untersuchungen haben gelehrt, dass die mit dem Llandovery einsetzende Transgression sich durch die ganze Obersilurzeit, ja bis ins Old Red fortgesetzt hat. Jede höhere Stufe liegt daher übergreifend über der nächsttieferen, so das Wenlock über dem Llandovery, das Ludlow über dem Wenlock (HERB. LAPWORTH, Qu. Journ. Geol. Soc. Lond. 1900, S. 67).



Jetzt benennt und gliedert man etwas anders. Statt des Ausdrucks Caradoc gebraucht man den Namen Bala, statt Llandovery den Namen May Hill Series. Ausserdem hat man das untere Llandeilo vom oberen abgetrennt und in zwei weitere Abtheilungen, das Arenig und das Llanvirn zerlegt. Das Obersilur wird jetzt gewöhnlich in drei Hauptglieder, die May Hill-Serie, das Wenlock und das Ludlow eingetheilt, die man auch mit Ch. Lapworth als Valentian, Salopian und Clunian bezeichnet. Darnach und unter Abtrennung des Tremadoc (ausschliesslich des *Dictyograptus*-Schiefers) vom Cambrium (vergl. S. 49), ergiebt sich für die als typisch geltende silurische Schichtenfolge von Wales folgende Gliederung:



Ober-Silur	Ludlow oder Clunian	Ledbury shales, Downton sandstone (Passage beds). Upper Ludlow beds. mit dem Bone-bed. Aymestry limestone.
	Wenlock oder Salopian	Lower Ludlow beds. Wenlock limestone. Wenlock shale und Woolhope limestone.
	May Hill (Llandovery) oder Valentian	Tarannon shales. May Hill sandstone = Upper Llandovery. Lower Llandovery beds.
Unter-Silur		Bala or Caradoc Series. Llandeilo Series. Llanvirn Series. Arenig Series. Tremadoc Series.

Die Tremadoc-Schichten bestehen aus Schiefern und Grauwackensandsteinen, die noch eine Anzahl cambrischer Typen (wie *Olenus, Agnostus, Dicellocephalus* u. s. w.), daneben aber bereits eine ganze Reihe silurischer Formen, wie namentlich *Asaphus (Asaphellus) Homfrayi, Ogygia scutatrix, Niobe, Symphysurus* und andere Vertreter der für das Untersilur so bezeichnenden Familie der Asaphiden, ferner Arten von *Cheirurus, Orthoceras, Cyrtoceras, Orthisina, Porambonites* u. a. einschliessen, so dass die Zurechnung dieser Schichten zum Silur auch von rein paläontologischem Gesichtspunkte aus gerechtfertigt erscheint.

Die Arenig-Schichten bestehen aus über 700 m mächtig werdenden Schiefern, Sandsteinen und Quarziten — zu diesen letzten gehören die sogen. Stiperstones in Shropshire — mit zahlreichen Graptolithen aus den Gattungen *Didymograptus, Diplograptus, Tetragraptus, Dendrograptus* u. s. w., zu denen sich *Asaphellus Homfrayi, Aeglina, Trinucleus, Ampyx* und andere Trilobiten, *Lingula* u. s. w. gesellen.

Die aus dunklen Schiefern und Tuffen zusammengesetzten Llanvirn-Schichten enthalten ebenfalls Graptolithen und zahlreiche Trilobiten, unter welchen die hier zuerst auftretenden Gattungen *Illaenus, Dalmanites, Acidaspis* und die nur aus diesem Horizonte bekannte, hier aber auch ausserhalb Englands weit verbreitete Gattung *Placoparia* bemerkenswerth sind.

Das Llandeilo setzt sich aus 1000—1300 m mächtigen Tuffen, Schiefern und Grauwacken zusammen, die im südlichen Wales im mittleren Theile mehr oder weniger kalkig werden. Man kann hier drei verschiedene Stufen unterscheiden: 1. die mit *Didymograptus Murchisoni*, 2. die mit *Asaphus tyrannus* und *Diplograptus foliaceus* und 3. die mit *Ogygia Buchii* und *Dicranograptus*.

Die Bala-Schichten bestehen hauptsächlich aus Schiefern und Grauwacken mit zwei wichtigen darin eingeschalteten Kalkeinlagerungen, dem Bala- und Hirnant-Kalk. Diese Schichtfolge birgt eine reiche Trilobiten- und Brachiopoden-Fauna (*Asaphus Powisii*, *Illaenus Bowmanni*, *Trinucleus seticornis* und *concentricus* etc., *Orthis calligramma* [5, 2] und *Actoniae*, *Platystrophia lynx* = *Orthis biforata* [5, 3] etc.). Unter den Trilobiten finden sich mehrere, wie die genannten Species von *Trinucleus, Aeglina armata, Remopleurides radians* u. a., die auch in Skandinavien und Böhmen vorkommen und so auf einen damals stattfindenden Artenaustausch mit diesen Gebieten hinweisen.

Die May Hill- oder Llandovery-Schichten bestehen aus 300—600 m starken Conglomeraten, Sandsteinen und Grauwacken, die paläontologisch besonders durch das in diesem Horizonte auch anderwärts wiederkehrende Auftreten grosser *Pentamerus*-Arten (*P. oblongus, P.* [*Stricklandinia*] *lens* etc.) und spiraltragende Brachiopoden (*Atrypa* mit der Hauptart *reticularis* [10, 4], *Meristella*) ausgezeichnet sind. Ausserdem erscheinen hier zuerst zahlreiche charakteristische obersilurische Trilobiten und Korallen, wie *Encrinurus punctatus* (7, 5), *Calymmene Blumenbachi* (7, 3), *Halysites catenularia* (10, 9), *Heliolites interstincta* etc. Besonderes Interesse verdient auch das erste Auftreten der Krustergattung *Eurypterus* (8, 1). Eng verbunden mit diesen Schichten sind die etwa 350 m mächtig werdenden, violettrothen und grünen Tarannon-Schiefer, die besonders Graptolithen — darunter namentlich die Gattungen *Rastrites* und *Monograptus* — enthalten.

Die nun folgende Wenlock-Stufe, das Hauptglied des Obersilur, besteht gewöhnlich zu unterst aus Mergelschiefern mit eingelagerten Kalklinsen. Hier liegt der durch seine weite Verbreitung ausgezeichnete Horizont mit *Cyrtograptus Murchisoni*. Nach oben zu treten die Kalke mehr hervor, stellenweise finden sich massenhafte Korallenanhäufungen, förmliche Korallenriffe ein, während anderweitig in mergligen Zwischen-

lagen zahllose wohlerhaltene Trilobiten, Brachiopoden, Cephalopoden, Gastropoden, Crinoiden etc. eingebettet sind, die den Wenlock-Kalk an vielen Punkten — namentlich ist unter diesen Dudley zu nennen — zu einer Hauptfundgrube für silurische Petrefacten gemacht haben. Von besonders bezeichnenden Arten seien hier nur *Halysites catenularia* (**10**, 9), *Heliolites interstincta*, *Favosites gotlandica* (**10**, 8) unter den Korallen, *Actinocrinus pulcher*, *Crotalocrinus rugosus*, *Cyathocrinus pyriformis* unter den Crinoiden, *Encrinurus variolaris*, *Calymmene Blumenbachi* (**7**, 3), *Lichas anglicus*, *Dalmanites Downingiae* und *caudatus*, *Proetus Stokesii*, *Sphaerexochus mirus* unter den Trilobiten, *Strophomena euglypha*, *Leptaena transversalis* (**9**, 7), *Pentamerus galeatus*, *Orthis elegantula* (**9**, 4), *Atrypa reticularis* (**10**, 4), *Meristella tumida* (**10**, 5), *Spirifer elevatus* und *plicatellus* (**10**, 7), *Rhynchonella Wilsoni* (**9**, 3) und *borealis* (**10**, 1) und *Chonetes striatella* (**9**, 5) unter den Brachiopoden, *Orthoceras annulatum* (**8**, 3) und *Phragmoceras ventricosum* unter den Cephalopoden genannt. Auch die zu den Hydrocorallinen gehörige, aus dünnen, welligen, über einander liegenden Kalklagen aufgebaute Gattung *Stromatopora* bildet in den Riffkalken eine häufige Erscheinung. Bemerkenswerth ist ferner, dass Kalkalgen, insbesondere die Gattung *Girvanella*, einen grossen Antheil am Aufbau des Wenlock-Kalkes haben.

Die diesen Kalk überlagernden Unteren Ludlow-Schiefer bestehen aus grünlichgrauen, glimmerigen Sandsteinschiefern und Mergeln, die sich nicht vom Wenlock-Schiefer unterscheiden. Sie sind deshalb noch dem Salopian zuzurechnen.

Erst die dann folgenden, den Aymestry-Kalk unterlagernden Leintwardine Flags, dickplattige Sandsteinschiefer, leiten das Clunian ein. Das obere Ludlow wird zu unterst ebenfalls aus glimmerigen, thonigsandigen Schichten gebildet, die in dem sogen. Bone bed eine merkwürdige, bis einen Fuss mächtig werdende, fast ausschliesslich aus Trümmern von Fisch- und Crustaceenresten, namentlich Schuppen und Zähnen, bestehende Schicht einschliessen. Darüber folgt dann der bis 30 m mächtige, röthliche oder gelbliche Downton-Sandstein; über diesem endlich, als alleroberstes, ganz allmählich in den devonischen Old Red-Sandstein übergehendes Glied der Silurformation, die bis 100 m mächtig werdenden, grauen oder röthlichen, merglig-sandigen Ledbury shales. Die beiden obersten Glieder werden auch als Passage beds, als Uebergangsschichten zum Devon, bezeichnet. Murchison hat dafür auch die Bezeichnung Tilestone gebraucht.

Paläontologisch stehen die Ludlow-Bildungen dem Wenlock im Allgemeinen sehr nahe: die meisten Mollusken, viele Trilobiten und Anderes sind beiden Abtheilungen gemeinsam, nur einige wenige Formen, wie *Cardiola cornu copiae* (**9**, 2), *Pentamerus Knighti* (**10**, 3) sind, wenn auch

nicht ganz auf die obere Stufe beschränkt, so doch hier hauptsächlich zu Hause. Eine Eigenthümlichkeit des Ludlow bilden die sich schon in seinen untersten Schichten zahlreich einstellenden, in das Old Red fortsetzenden, gewaltigen Eurypteriden (namentlich *Eurypterus* [8, 1] und *Pterygotus*) und die eigenthümlichen Cephalaspiden (*Cephalaspis*, *Scaphasis*, *Pteraspis*).

Eine etwas abweichende Entwickelung des Silur finden wir im nordenglischen Seengebiet, wo statt der mehr oder weniger grobklastischen, in flachem Meere gebildeten Sedimente von Wales und Shropshire feinere, offenbar in tieferem Meere abgelagerte Schichten, insbesondere auch Graptolithen-Schiefer, auftreten. Dass diese letzten Absätze aus erheblich tieferem Wasser darstellen, geht sowohl aus ihrer petrographischen Beschaffenheit — ursprünglich bildeten sie jedenfalls einen an fein vertheilten organischen Substanzen reichen, mulmigen Schlick —, als auch aus ihrer Fauna hervor, in der Küstenbewohner fehlen, dagegen Radiolarien, Spongien und andere Tiefseeformen vertreten sind.

Die Schichtenfolge beginnt mit den Skiddaw-Schiefern. Ihr unterer, *Bryograptus* führender Theil entspricht dem Tremadoc von Wales, der mittlere mit *Tetragraptus*- und *Dichograptus*-Arten dem Arenig, der obere mit *Diplograptus* und der (wesentlich böhmischen) Trilobitengattung *Placoparia* dem Llanvirn und vielleicht noch dem untersten Llandeilo [1]). In Schonen stehen diesen drei Abtheilungen die *Ceratopyge*-Schichten, die *Phyllograptus*- und die *Dicellograptus*-Schiefer TULLBERG's gleich.

Die darüber folgende, fast ganz aus Eruptivgesteinen bestehende, versteinerungsfreie Borrowdale-Series ist im Wesentlichen dem Llandeilo gleichalterig.

Dann folgt die Coniston Limestone-Serie. An ihrer Basis liegen die Schichten mit *Trematis corona*. Die dann folgende, wesentlich kalkige Sleddale-Gruppe enthält neben verschiedenen Korallen und Brachiopoden eine reiche Trilobiten-Fauna, die durch *Trinucleus seticornis* und besonders durch *Chasmops macrourus* und *conophthalmus*, zwei Hauptleitfossilien des schwedischen und russischen Untersilurs, bemerkenswerthe Beziehungen zu diesen Gebieten verräth. Die obersten Schichten der Serie, die sogen. Ashgill-Gruppe, schliesst den nur 1½ m mächtigen *Staurocephalus*-Kalk ein — einen über grosse Theile von Grossbritannien und Skandinavien verfolgbaren Horizont —, während die hangenden Schiefer *Trinucleus concentricus* u. a. enthalten. Die ganze Serie steht den Bala- oder Caradoc-Schichten von Wales gleich.

---

[1]) GERTRUD ELLES, Qu. Journ. Geol. Soc. Lond. 1898, S. 463.

Das Obersilur des Seen-Gebietes beginnt mit den dem Valentian zufallenden Stockdale-Schiefern. Gewöhnlich durch Conglomerate mit *Meristella crassa* eingeleitet, bestehen sie gleich den äquivalenten schottischen Birkhill-Schiefern überwiegend aus dunklen Graptolithen-Schiefern, die durch Marr und Nicholson schon Ende der 80er Jahre in eine ganze Reihe von Zonen zerlegt worden sind [1]).

Das Salopian wird durch die 300 m mächtigen Brathay-Flags mit dem weitverbreiteten *Cyrtograptus Murchisoni*, die Coldwell-Flags und -Grits (Grauwackensandsteine) mit *Cardiola cornu copiae* = *interrupta* etc. und die mächtigen, fast versteinerungsleeren Coniston-Grits vertreten.

Dem Clunian endlich fallen zu die Bannisdale-Schiefer mit *Dayia navicula, Acaste Downingiae* und dem auch in gleichem Niveau in Wales vertretenen *Monograptus leintwardensis*, sowie die darüber folgenden Kirkby Moor Flags mit *Holopella gregaria* und *conica* und vielen anderen Versteinerungen.

Von grossem Interesse ist auch die südschottische Silurregion, die dank den eingehenden älteren Untersuchungen von Ch. Lapworth, sowie den neueren Feldarbeiten von Peach und Horne zu den bestbekannten der Erde gehört [2]). Besonders bemerkenswerth ist in diesem Gebiete die grosse Verschiedenheit der älteren Silurbildungen in ihrer petrographischen Beschaffenheit, ihrer Fauna und besonders ihrer Mächtigkeit in den nördlichen und östlichen Gebietstheilen einerseits und im westlichen, dem Girvandistrikte (Ayrshire), anderseits. Während im Osten die Glenkiln-, Hartfell- und Birkhill-Schiefer, d. h. die Vertreter des Llandeilo, Bala und Llandovery von Wales, zusammen genommen noch keine 100 m mächtig sind, so werden die Vertreter dieser nämlichen Stufen in dem kaum 100 km westlich gelegenen Girvangebiet über 1500 m mächtig. Im Osten bestehen die Schichten fast ausschliesslich aus bituminösen Graptolithenschiefern und radiolarienreichen Kieselschiefern; im Girvangebiet dagegen aus mehr klastischen Ablagerungen, innerhalb deren Graptolithen nur noch in wenigen, unmächtigen schieferigen Zwischenlagen auftreten, während die Hauptmasse der Schichten Brachiopoden, Mollusken, Korallen und andere Bewohner der Flachsee enthält. Diese wohl selten in gleicher Deutlichkeit zu beobachtenden Verhältnisse erklären sich daraus, dass mit dem Fortschreiten von Süd nach Nord und West man sich der Küste eines silurischen Festlandes nähert — des Festlandes, auf dem sich in der nachfolgenden Devonperiode die Oldred-

[1]) Qu. Journ. Geol. Soc. Lond. 1888, S. 654.

[2]) Vergl. das prächtige Werk: The Silurian rocks of Scotland. Memoirs of the Geol. Survey, 1899.



Schichten bildeten — und dass Hand in Hand damit die Tiefe des Meeres rasch abnahm. Während sich daher im Süden pelagische Absätze bildeten, entstanden in derselben Zeit weiter nach Norden zu Gesteine mit den Merkmalen von Flachmeer- und Küstenablagerungen.

Bemerkenswerth sind die mächtigen und ausgedehnten, von untermeerischen Eruptionen herrührenden, lagerförmigen Eruptiv- und Tuffmassen, die im unteren Theile der Schichtenfolge (namentlich im Ballantraedistrikte) auftreten. Noch interessanter aber sind die kalkigen Schichten des älteren Untersilurs im Girvandistrikte, insbesondere der Stincharkalk und die Balclatchie-Group, weil sie neben gewöhnlichen Llandeilo- und Bala-Arten auch Formen wie *Maclurea Logani, Ophileta, Endoceras, Porambonites, Cybele* enthalten, die in England sonst unbekannt, aber für Canada und das baltische Gebiet bezeichnend sind und dadurch wichtige Hinweise auf eine zeitweilige Verbindung Nordenglands mit jenen Gegenden bilden.

In paläontologischer wie in stratigraphischer Hinsicht sind auch von grossem Interesse die dem Ludlow und den Passagebeds angehörigen, als inselförmige Massen aus dem Old Red hervortretenden und früher mit diesem verwechselten sandig-mergligen, rothen und grünlichen Bildungen von Lanarkshire und den Pentland Hills. Schon in den tieferen, dem Wenlock gleichstehenden Schichten kommen hier Reste grosser Eurypteriden (*Eurypterus, Stylonurus, Slimonia*), Phyllocariden, Beyrichien und Skorpione (*Palaeophonus*) vor, während die Graptolithen und die Mollusken zurücktreten. Noch mehr ist dies in den Bildungen vom Alter des Ludlow der Fall, wo offenbar infolge brackischer Einflüsse die Eurypteriden, Phyllocariden, Limuliden (*Neolimulus*), Skorpione und Myriapoden zusammen mit Fischen und Landpflanzen in demselben Maasse häufiger werden, als die Mollusken und anderen Thiere abnehmen. Die sich hier (bei Lesmahagow) findenden, von Traquair [1]) beschriebenen Fische gehören zum grössten Theil neuen Gattungen der erst im Devon zu voller Blüthe gelangenden Placodermen an und dürften die ältesten bisher bekannten Vertreter dieser höchst eigenartigen Abtheilung von Fischen darstellen.

Es ist endlich noch hervorzuheben, dass das schottische Silur noch vor Ablagerung des Devon zu steilen, engen Falten zusammengeschoben worden ist, so dass das Old Red meist discordant auf dem Silur aufruht. Im nördlichen Hochlande kommen dazu noch zahlreiche Ueberschiebungen, durch die auf weite Erstreckung der Gneiss unmittelbar auf Silur zu liegen gekommen ist.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Beziehungen der silurischen Ablagerungen der besprochenen Gebiete zu einander:

[1]) Transact. roy. soc. Edinb. 1899.

<table>
<tr><th>Wales</th><th colspan="2">Lake-District</th><th>Südschottland (Moffat-District)</th><th>Girvan-Gebiet</th></tr>
<tr><td>Downtonian</td><td colspan="2">Kirkby Moor flags</td><td>Old Red-art. Schichten m. Fischen, Eurypteriden, Myriapoden etc. von Lanarkshire u. s. w.</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Ludlow</td><td colspan="2">Bannisdale slates mit Monogr. leintwardensis</td><td>Schichten m. Platyschisma, Orthoceras, Eurypt., Scorpionen, Fischen</td></tr>
<tr><td>Wenlock</td><td colspan="2">Coniston Grits
Coldwell beds
Brathay flags mit Cyrtogr. Murchisoni</td><td>Riccarton-Schichten mit Cyrtogr. Murchis., Monogr. priodon, Retiolites Geinitzianus</td><td>Blair- u. Strainton-Sch. (Beyrichia Kloedeni, Card. cornu copiae)
Schiefer u. Sandstein m. Monogr. priodon, Cyrtogr., Protovirgularia</td></tr>
<tr><td>Llandovery</td><td>Stockdale-Schiefer }</td><td>Browgill beds
Skelgill beds</td><td>Birkhill-Schiefer (Monogr., Rastrites Diplogr. etc.)</td><td>Schiefer u. Sandstein m. Rastrites, Monogr., Diplogr.</td></tr>
<tr><td>Bala (= Caradoc)</td><td colspan="2">Coniston Kalk-Gruppe</td><td>Hartfell-Schiefer (Dicellogr., Dicranogr., Pleurogr. etc.)</td><td>Ardmillan-Serie</td></tr>
<tr><td>Llandeilo</td><td colspan="2">Borrowdale-Gruppe</td><td rowspan="2">Glenkiln-Schiefer (Didymogr., Dicranogr.)</td><td rowspan="2">Eruptive Barr-Serie</td></tr>
<tr><td>Llanvirn</td><td rowspan="3">Skiddaw Slates }</td><td>Upper (Diplogr.)</td></tr>
<tr><td>Arenig</td><td>Middle (Tetragrapt., Dichogr. etc.)</td><td rowspan="2">Radiolarienreihe Alaun- u. Kieselschiefer Ergussgesteine</td><td rowspan="2">Ballantrae-Serie z. Th. (z. gr. Th. eruptiv)</td></tr>
<tr><td>Tremadoc</td><td>Lower (Bryograpt.)</td></tr>
</table>

Das Silur Irlands ist noch wenig bekannt. Das tiefere Untersilur zeigt durch das Auftreten von *Megalaspis*, *Ptychopyge*, *Amphion*, *Porambonites* und anderen in England sonst fehlenden Formen im sogen. Tramore-Kalk sehr bemerkenswerthe Anklänge an den baltischen Ortho-

ceren-Kalk. Die im Westen des Landes entwickelten Obersilurbildungen weichen von den englischen durch das Auftreten von Eruptivgesteinen ab.

Lapworth hat das Silur Grossbritanniens nach den Graptolithen in folgende 20 Zonen eingetheilt:

20.	Zone mit	*Monogr. Nilssoni*	Ludlow
19.	„ „	„ *testis*	Wenlock
18.	„ „	*Cyrtogr. Linnarssoni*	
17.	„ „	„ *Murchisoni*	
16.	„ „	„ *Grayae*	Tarannon
15.	„ „	*Monogr. exiguus*	
14.	„ „	*Rastrites maximus*	
13.	„ „	*Monogr. spiniger*	Llandovery
12.	„ „	„ *gregarius*	
11.	„ „	*Diplogr. vesiculosus*	
10.	„ „	„ *acuminatus*	
9.	„ „	*Dicellogr. anceps*	Caradoc
8.	„ „	„ *complanatus*	
7.	„ „	*Pleurogr. linearis*	
6.	„ „	*Dicranogr. Clingani*	
5.	„ „	*Coenogr. gracilis*	Llandeilo
4.	„ „	*Didymogr. geminus* = *Murchisoni*	
3.	„ „	„ *bifidus*	Arenig
2.	„ „	*Tetragraptus*	
1.	„ „	*Bryograptus*	Tremadoc

Skandinavien. Auch hier sind silurische Ablagerungen über bedeutende Flächenräume verbreitet: in Schweden namentlich in Schonen, in West- und Ost-Gotland, in Dalecarlien und Jemtland und auf den Inseln Gotland (nur Obersilur), Oeland und Bornholm (nur Cambrium und Untersilur); in Norwegen besonders im Süden des Landes, in der Umgebung von Kristiania und Porsgrund, sowie weiter nördlich in der Gegend des Mjösen-See, bei Bergen und im Stifte Trondheim — hier zum Theil in stark metamorphosirtem Zustande [1]). In Schweden sind die Silurschichten im Allgemeinen wenig gestört, im Süden des Landes auf grosse Strecken fast noch wagerecht gelagert. Auch ist dort die ganze Schichtenfolge in gleicher Vollständigkeit entwickelt wie in England, jedoch nicht in gleich zusammenhängender und unmittelbarer Aufeinanderfolge, so dass die Feststellung der Altersbeziehungen der Ablagerungen der verschiedenen Landestheile mit viel grösseren Schwierigkeiten verbunden ist. Die den skandinavischen Silurbildungen gewidmeten Arbeiten reichen bis auf Linné zurück. Nach ihm haben sich um deren Kenntniss Wahlenberg, Dalman und Hisinger, später Angelin [2]) und

[1]) Vergl. H. Reusch, Die fossilführenden krystall. Schiefer von Bergen, 1883.

[2]) Palaeontologia Scandinavica, 1854. — Fragmenta silurica, herausgegeben von Lindström, 1880.

Kjerulf [1]), in neuerer Zeit namentlich Linnarsson [2]), Lindström, Brögger [3]), Tullberg [4]), Johnstrup, Törnquist, G. Holm und Andere [5]) verdient gemacht.

Für das Untersilur lässt sich nach Angelin, Linnarsson und neueren Autoren folgende allgemeine Gliederung aufstellen:

Brachiopodenschiefer und -Kalk (Leptaenakalk)
Trinucleusschiefer und -Kalk
Chasmopskalk, Beyrichiakalk
Cystideenkalk und mittlerer Graptolithenschiefer
Orthocerenkalk und unterer Graptolithenschiefer
Ceratopyge-Kalk und -Schiefer.

Der unmittelbar über dem obercambrischen *Dictyonema-* oder *Dictyograptus*-Schiefer (S. 51) folgende Ceratopyge-Kalk oder, wie Brögger ihn nennt, die *Euloma-Niobe*-Fauna [6]) bildet trotz ihrer geringen Mächtigkeit (nur 5—15 m) einen über ganz Skandinavien zu verfolgenden Horizont, der sich im Kristiania-Gebiet in

Ceratopyge-Kalk,
Ceratopyge-Schiefer,
Kalk mit *Symphysurus incipiens*

gliedert. Paläontologisch ist er durch eine Mischung cambrischer (*Triarthrus, Agnostus, Ceratopyge, Cyclognathus* etc.) und silurischer Typen (*Nileus, Symphysurus, Niobe, Megalaspides, Ampyx* etc.) gekennzeichnet. Für seine Zurechnung zum Silur fällt das erste Auftreten der für das Ordovicium so wichtigen Asaphiden (*Symphysurus* etc.), grosser Orthoceren und reichlicher Graptolithen ins Gewicht. Durch seine weite Verbreitung in Europa (Skandinavien, England, Süd-Frankreich, Fichtelgebirge) und Nord-Amerika (Canada, Nevada?) erhält dieser Horizont eine ausserordentliche stratigraphische Bedeutung.

Der untere Graptolithen- oder Phyllograptus-Schiefer West-Gotlands und Süd-Norwegens wird durch das Auftreten von *Phyllograptus* (6, 4), *Dichograptus* und *Didymograptus* bezeichnet und entspricht nach Tullberg den englischen Skiddaw-Schiefern. Er ist eng

[1]) Udsigt over sydlige Norges Geologi, 1879. (Auch in deutsch. Uebersetz. von Gurlt: Geologie des südl. Norwegen, 1880.)

[2]) Om Vestergötlands cambrisca och siluriska aflagringar. Svenska Vetenskaps Akad., Bd. 8, Nr. 2, 1869.

[3]) Die Siluretagen 2 und 3 im Kristianiagebiete, 1882.

[4]) Skånes Graptoliter, 1882. — Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges., 1883, S. 223.

[5]) Vergl. auch A. Remelé, Untersuch. üb. d. versteinerungsführend. Diluvialgeschiebe d. norddeutsch. Flachlandes, I, 1883.

[6]) Nyt Mag. f. Naturvidensk., Bd. 30, S. 164, 1896.

verbunden mit dem wichtigsten und beständigsten Gliede des skandinavischen Untersilur, dem Orthocerenkalk, einem grauen oder rothen, plattigen Knollenkalke, der seinen Namen dem massenhaften Vorkommen grosser Orthoceren — besonders solcher mit dickem, randlichem Sipho (Untergattung *Endoceras* [4, 2]) — verdankt. Neben diesen (*Endoc. commune, duplex, vaginatum*) spielen die merkwürdige, ausschliesslich untersilurische Nautilidengattung *Lituites* (*lituus* [4, 1], *antiquissimus*), einige Gastropoden (*Pleurotomaria* [*Rhaphistoma*] *qualteriata* [4, 5]), sowie Trilobiten aus den Gattungen *Asaphus* (*expansus* [3, 1] *platyurus*), *Illaenus* (*crassicauda, chiron, oblongatus* [3, 3]) und *Megalaspis* (*planilimbata, limbata* [3, 2], *gigas*) eine grosse Rolle, während die Brachiopoden sehr zurücktreten.

In Schonen folgt über dieser jedenfalls aus tieferem Meere abgelagerten Bildung der mittlere Graptolithenschiefer (mit *Didymograptus* [6, 3], *Diplograpt.*, *Climacogr.*), der nach Tullberg dem englischen Llandeilo und Caradoc sowie den schottischen Glenkiln- und Hartfell-Schiefern entspricht. In Dalekarlien liegt über dem Orthocerenkalk der Cystideen- oder Echinosphaeritenkalk, so benannt nach den zahllosen darin eingebetteten kugeligen Gehäusen von *Echinosphaerites aurantium* (5, 7) und anderen Cystideen, ausser welchen nur noch verschiedene Brachiopoden (besonders *Orthis calligramma* [5, 2], *Platystrophia lynx* [5, 3]), *Porambonites* [4, 7], *Orthisina* [5, 1]), einige Trilobiten und weniges Andere vorhanden ist. In Westgotland treten in gleichem Niveau die *Beyrichia*-Kalke (mit *B. costata*) auf, im Kristiania-Gebiete der in erster Linie durch die Phacopidengattung *Chasmops* (3, 5) (Leitarten *macrourus* und *conicophthalmus*) ausgezeichnete *Chasmops*-Kalk.

Ueber diesen verschiedenen Kalkbildungen folgt der *Trinucleus*-Schiefer, der über ganz Skandinavien verbreitet, durch die grosse Entwickelung der Gattung *Trinucleus* (3, 7) (*seticornis* u. a.) ausgezeichnet ist.

In West- und Ostgotland und in Schonen liegt über diesem Schiefer endlich noch der Brachiopodenschiefer mit einer reichen Trilobitenfauna (*Illaenus, Lichas, Trinucleus, Ampyx* etc.), vielen Brachiopoden (*Platystrophia, Atrypa, Rhynchonella, Pentamerus*), Korallen (*Favosites, Halysites*) etc. In Dalekarlien gehört hierher der sogen. *Leptaena*-Kalk, während die gleichstehende Schichtenfolge im Kristiania-Gebiet von unten nach oben in *Isotelus*-Kalk, Gastropodenkalk oder oberste *Chasmops*-Schichten, und Schichten mit *Meristella crassa* zerfällt.

Das Obersilur wird in Schweden besonders durch den Gotländer Kalk vertreten, eine mächtige und versteinerungsreiche Folge ver-

schiedener Kalksteine, Mergel und Sandsteine, deren genauere Zusammensetzung und organischer Inhalt uns besonders durch die Arbeiten Fr. Schmidt's[1]) und Lindström's[2]) bekannt geworden ist. Die jetzt schon über 1000 Arten zählende Fauna besitzt eine sehr mannigfaltige Zusammensetzung aus typisch obersilurischen, zum grossen Theil mit denen des englischen Wenlock-Kalks übereinstimmenden Arten von Korallen, Crinoiden, Bryozoen, Brachiopoden, Conchiferen, Gastropoden, Cephalopoden und Trilobiten. Ueber die Aufeinanderfolge der einzelnen Schichtenglieder und ihre Parallelisirung mit denen des englischen und baltischen Obersilur ist man noch nicht ganz einig; doch scheint so viel sicher, dass die obersten Kalke und Sandsteine mit vielen Cephalopoden, *Pentamerus conchidium* etc. dem englischen Ludlow, die darunter liegende kalkig-mergelige Hauptmasse der Schichtenfolge aber dem Wenlock-Kalk gleichzustellen ist, während andere, in der Umgebung der Stadt Wisby im Meeresniveau entwickelte Kalkmergel mit *Stricklandinia lirata* etc. der May-Hill-Stufe entsprechen.

In Ost- und Westgotland, Dalekarlien und Schonen wird das Obersilur durch die Oberen Graptolithenschiefer (mit der tieferen, den schottischen Birkhill-Schiefern entsprechenden *Rastrites*-Stufe und der höheren, den Riccarton-Schichten entsprechenden *Cyrtograptus*-Stufe) und die darüber liegenden *Cardiola*-Schiefer mit *C. cornu copiae = interrupta* vertreten. Diese letzten sind örtlich durch hellrothe Sandsteine mit grauen Kalken und Mergeln, die Bjerojölagård-Oevedes-Schichten ersetzt, die *Beyrichia Klödeni*, *Grammysia cingulata* und andere Leitformen des Oberludlow einschliessen.

Die silurische Schichtenfolge von Schonen verhält sich zu der des übrigen Skandinavien ähnlich, wie die des nordenglischen Seengebietes und des schottischen Moffat-Districtes zum übrigen Grossbritannien: fast alle Niveaus des Silur werden hier durch Graptolithenschiefer vertreten. Tullberg konnte für diese Schichten eine sehr weitgehende, besonders auf die Graptolithen gestützte Zonengliederung durchführen[3]), wie dies bereits oben für das Obersilur erwähnt worden ist. Viele dieser Zonen haben sich auch in England und auf dem Continent (Frankreich, Deutschland u. s. w.) nachweisen lassen und sind somit von allgemeiner Bedeutung.

Russland. In keinem anderen Theile Europas besitzen silurische Ablagerungen eine so grosse Verbreitung wie in Russland, wo sie sowohl in den baltischen Provinzen, als auch im Dnjester-Thale und im

[1]) Archiv für Naturkunde Liv-, Ehst- u. Kurlands, 1. s. II, 1859.

[2]) N. Jahrb. f. Min., 1888, I, S. 147. — Silurian Gastropoda of Gotland, 1884 u. verschiedene andere Schriften.

[3]) a. a. O.

Petschora-Gebiete entwickelt sind. In den beiden erstgenannten Gegenden haben sie bis auf den heutigen Tag eine nahezu horizontale Lagerung bewahrt [1]).

Im baltischen Gebiete bilden die silurischen Schichten einen breiten, sich vom Ladoga-See durch das Gouvernement St. Petersburg und durch ganz Estland und Livland hindurch bis nach den Inseln Dagö und Oesel erstreckenden Gürtel, der allerdings oberflächlich zum grossen Theile von Diluvium verhüllt wird. Ueber dem Silur liegt transgredirend Old Red-Sandstein. Die genauere Gliederung und der Fossilinhalt des baltischen Silur, das sich in seiner allgemeinen Entwickelung nahe an das skandinavische, namentlich dasjenige der Inseln Gotland und Oeland anschliesst (vergl. das Profil Fig. 18), ist uns ausser durch die Arbeiten zahlreicher älterer Autoren, wie v. Eichwald, Pander, v. Helmersen, v. Schrenk, Grewingk u. A. besonders durch die eingehenden Untersuchungen des Akademikers Fr. v. Schmidt [2]) bekannt geworden.

Schmidt theilt das baltische Silur in folgender Weise ein:

	Namen der Glieder		Bezeichnungsweise Schmidt's: Neuere	Bezeichnungsweise Schmidt's: Aeltere
Obersilur.	Obere Oesel-Gruppe		K	Zone 8
	Untere Oesel-Gruppe		J	„ 7
	Gruppe mit glatten Pentameren	*Estonus*-Schicht	H	„ 6
		Raiküll'sche Schicht	G^3	„ 5
		Borealis-Bank	G^2	„ 4
		Jörden'sche Schicht	G^1	
Untersilur.	Borkholm'sche Schicht		F^2	„ 3
	Lyckholm'sche Schicht		F^1	„ 2a
	Wesenberg'sche Schicht		E	„ 2
	Jewe'sche Schicht		D	„ 1b
	Itfer'sche und Kuckers'sche Schicht		C^3 u. C^2	„ 1a
	Echinosphäritenkalk		C^1	„ 1
	Vaginaten- und Glauconitkalk		B^3 u. B^2	„ —
	Glauconit-(Grün-)Sand		B^1	„ —

Das tiefste, unmittelbar über dem Cambrium liegende Glied, der Glauconitsand, ist eine etwa 1 m mächtige, dem schwedischen *Ceratopyge*-Kalk gleichstehende Bildung, die aber nur wenige Versteinerungen

[1]) Eine Hauptquelle für die Kenntniss der russischen Silurbildungen und ihres Fossilinhaltes ist bis auf den heutigen Tag das grosse zweibändige Werk von Murchison, de Verneuil und dem Grafen Keyserling: Geology of Russia in Europe and the Ural Mountains, 1845.

[2]) Silur-Form. v. Ehstland, Nord-Livland u. Oesel, 1858. — Quart. Journ. Geol. Soc. 1882, S. 514. — Revision der ostbaltischen Silur-Trilobiten. (Mém. Acad. St. Pétersbourg, 1881, 1885, 1886 etc.) — Führer auf den Excurs. d. 7. internat. Geol.-Congr. zu St. Petersburg, 1897, Nr. XII.

(Lingula, Obolus, die winzigen, von PINDER als „Conodonten" beschriebenen Annelidenkiefer und kleine Fischzähne) enthält. Die Glauconitkörner sind meist Steinkerne von Foraminiferen. Darüber folgt der mehrere Meter starke, in dicke Bänke gegliederte, meist graue, nach unten aber oft roth werdende Glauconitkalk. Seine unteren Schichten enthalten wie in Schweden *Megalaspis planilimbata,* die oberen *Asaphus expansus, Megal. heros* und *limbata* (3, 2), *Orthis calligramma* etc.

Weiter folgt das Hauptglied des baltischen Untersilur, der in jeder Beziehung mit dem skandinavischen Orthocerenkalk übereinstimmende Vaginatenkalk mit zahllosen grossen Orthoceren aus der Gruppe *Endoceras (= Vaginati), Euomphalus qualteriatus* (4, 5), *Ptychopyge globifrons* etc. Die obersten Schichten enthalten *Lituites lituus* (4, 1). Auch der darüber liegende Echinosphäritenkalk ist nur eine Wiederholung des gleichen schwedischen Gesteins, während die folgenden Glieder des Untersilur besonders durch die grosse Entwickelung der (übrigens bis in den Echinosphäritenkalk hinabgehenden) Phacopidengattung *Chas-*

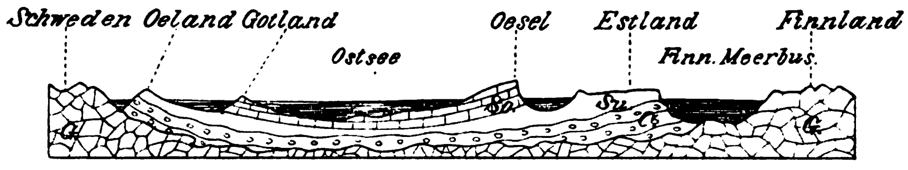


Fig. 18. Profil von Finnland über die Inseln Oesel, Gotland und Oeland nach Schweden. Nach FR. SCHMIDT.
G Granit. *C* Cambrium. *Su* Unter-, *So* Obersilur.

mops (Odini [3, 5], sehr nahestehend dem skandinavischen *conicophthalmus, macrourus, bucculentus, Wesenbergensis* etc.), zahlreiche Arten von *Lichas, Cheirurus* und anderen Trilobitengattungen, Species von *Orthis, Orthisina* (5, 1), *Porambonites* (4, 7) und anderen Brachiopoden, verschiedene Gastropoden, Cephalopoden u. s. w. ausgezeichnet sind.

Während das Schichtenglied B^1 dem englischen Tremadoc, der Vaginatenkalk etwa dem Llanvirn und *C* dem Llandeilo gleichgesetzt werden können, entspricht die nur in Estland vertretene mächtige, korallenreiche Stufe *F* den schwedischen Brachiopodenschiefern, die zwischen *F* und dem Vaginatenkalk (B^2, ^{3}) liegenden Glieder FR. SCHMIDT's aber dem tieferen Caradoc und Llandeilo.

Das Obersilur beginnt, wie in England, mit einer durch das massenhafte Auftreten zahlreicher grosser glatter Pentameren ausgezeichneten Schichtengruppe (zuunterst *P. borealis,* dann *estonus,* sehr ähnlich dem englischen *oblongus*), mit welchen sich zugleich spiraltragende Brachiopoden (*Spirifer plicatellus* [10, 7], *Atrypa reticularis* [10, 4] etc.), obersilurische Korallen u. s. w. einstellen.

Die untere Oesel-Zone mit zum Theil sehr mächtigen Korallenbänken und zahlreichen Trilobiten (*Calymmene Blumenbachi* [7, 3], *Encrinurus punctatus* [7, 5], *Proetus concinnus*) und Brachiopoden (*Orthis elegantula* etc.) steht dem Wenlock-Kalk, die obere Oesel-Zone dem Ludlow gleich.

Das letztgenannte jüngste Glied des baltischen Silur ist besonders durch seine zahlreichen Eurypteriden (*Pterygotus, Eurypterus* [8, 1]), die denen des nordamerikanischen Waterlime nahe stehen, sowie durch seine Fische bemerkenswerth. Die Eurypteriden treten namentlich auf bei Rotziküll in an der Basis der Stufe liegenden gelben plattigen Dolomitbänken zusammen mit cephalaspiden Fischen (*Thyestes, Tremataspis*) und *Platyschisma helicites.* Die darüber folgenden sogen. Oestergarn-Schichten enthalten neben *Lucina (Ilionia) prisca, Meristella didyma, Leperditia* u. a. m. ebenfalls noch *Eurypterus.* Die obersten Schichten endlich führen ausser *Chonetes striatella, Spirifer elevatus, Beyrichia tuberculata* u. s. w. einige Fische der englischen Passage beds, wie *Onchus* und *Pachylepis.*

Für die norddeutschen Geologen spielen das baltische Gebiet, die Ostseeinseln und Schweden noch insofern eine Rolle, als sie die Heimat der über die ganze norddeutsche Tiefebene zerstreuten, besonders dem Silur angehörigen Diluvialgeschiebe darstellen. Unter der grossen Zahl von Forschern, die sich mit den oft prächtig erhaltenen Versteinerungen dieser Geschiebe beschäftigt haben, seien hier nur F. Römer[1]) und A. Remelé[2]) genannt.

Im Dnjestergebiet (Gouv. Podolien) tritt nur Obersilur auf, das uns durch Arbeiten von Fr. v. Schmidt, F. Römer, Wenjukow[3]) u. A. bekannt geworden ist. Die silurischen Schichten liegen unmittelbar auf archäischen Graniten und Gneissen. Ihre Fauna zeigt eine weitgehende Uebereinstimmung mit der des englischen Wenlock und Ludlow sowie des Gotländer Kalks, mit welchem nicht weniger als 60 vom Hundert der Arten gemeinsam sind. Zu diesen zahlreichen nordischen Arten gesellen sich in nach oben steigendem Procentsatze eine Anzahl Formen des böhmischen und uralischen Unterdevon (Hercyn) (*Pentamerus vogulicus, optatus* und *Sieberi, Atrypa arimaspus, Spirifer Thetidis* und *robustus, Rhynchonella nympha* etc.). Die diese Brachiopoden führenden Schichten enthalten auch pteraspide Fische und Eurypteriden und gleichen darin sowie in dem Umstande, dass sie nach oben ganz allmählich in

---

[1]) Lethaea erratica. Paläont. Abh. v. Dames u. Kayser, Bd. II, 1885.

[2]) Unters. üb. d. versteinerungsführ. Diluvialgesch. d. norddeutsch. Flachlandes. I, 1883, 1890. — Congrès géologique internat. à Berlin, 1885: Catalogue de l'exposition géol., S. 115.

[3]) Materialien z. Geol. Russl. Bd. XIX, St. Petersb. 1899.

die überliegenden rothen Devonsandsteine (Old Red) übergehen, den Passage beds des englischen Ludlow.

Die genannten Thatsachen beweisen, dass das Dnjestergebiet in der Obersilurzeit vom grossen nordeuropäischen Meere aus überfluthet war, zugleich aber eine allmählich immer freier werdende Verbindung mit dem böhmischen Meere erhielt. Am Ende der Silurzeit bildete sich ausserdem noch eine Verbindung mit dem uralischen Gebiete aus, in dem die podolische Fauna in der Unterdevonzeit zu weiterer Entwickelung gelangte.

Auch im äussersten Norden des europäischen Russland, im Petschoragebiet (dem sogen. Timanischen Bergland), sowie auf der Insel Waigatsch (Novaja Semlja) treten obersilurische Kalke mit *Encrinurus punctatus, Leperditia Hisingeri, Favosites gotlandica* etc. auf; im Petschora-Gebiete liegen sie transgredirend auf altem Thon- und Sericitschiefer.

Wie die podolischen, so sind auch die **galizischen,** im polnischen Mittelgebirge zu Tage tretenden Silurbildungen ein Zubehör der nordischen Silurregion. Nach Gürich[1]) gehören dem Untersilur der Bukowka-Sandstein mit *Monticulipora petropolitana, Orthis moneta* und *calligramma,* dem älteren Obersilur die Graptolithenschiefer von Zbrza, dem jüngeren endlich die Cardiola-Schiefer (*C. cornu copiae, Monograptus* etc.) und Grauwacken mit *Beyrichia Klödeni, Rhynchonella nucula, Spirifer elevatus* von Niewachlow an.

Während die silurischen Ablagerungen aller bisher betrachteten Gebiete eine wesentlich gleiche Entwickelung zeigen und sich dadurch als Ablagerungen des grossen europäischen Nordmeeres zu erkennen geben, ist die Ausbildungsweise des Silur im **mittleren** und **südlichen Europa** eine sehr abweichende. Unter den hier in Betracht kommenden Silurgebieten, von denen sich übrigens keines an räumlicher Ausdehnung mit denen Nordeuropas messen kann, ist kein anderes von ähnlicher Bedeutung wie

Böhmen. Bereits oben, bei Besprechung des böhmischen Cambriums (S. 55) sind Mittheilungen über die Verbreitung und allgemeine Lagerung der altpaläozoischen Schichten Mittelböhmens gemacht worden, zu deren Ergänzung hier noch das nachstehende, von Fr. Katzer[2]) entlehnte Profil Platz finden mag.

Schon an der eben genannten Stelle wurden die ausserordentlichen

[1]) Vergl. d. Citat S. 55.

[2]) Das ältere Paläozoicum Mittelböhmens, 1884, und Geologie v. Böhmen, 1892. Eine neue Auflage dieses Werkes ist im Erscheinen begriffen.



Verdienste hervorgehoben, die sich JOACHIM BARRANDE durch seine langjährigen Forschungen um die Kenntniss der alten böhmischen Sedimente erworben hat, und dabei auch sein grosses Werk, das Système silurien, sowie seine Etageneintheilung erwähnt. Die über dem Cambrium (BARRANDE's Etagen *B* und *C*) folgende mächtige Etage *D* entspricht im Wesentlichen dem Untersilur oder BARRANDE's zweiter (silurischer) Fauna, die Etage *E* dem Obersilur oder der älteren Phase der dritten Fauna desselben Forschers, während deren jüngere Phase, die durch die hangenden Etagen *F*, *G* und *H* vertreten wird, nicht — wie BARRANDE wollte — als oberstes Silur, sondern als Devon anzusehen ist.

Scheidet man mit KATZER das tiefste Glied der Etage *D* als oberstes Cambrium aus (vergl. S. 56) und lässt die namentlich im Untersilur sehr häufigen, den Schiefern und Grauwacken eingeschalteten Grünstein- und

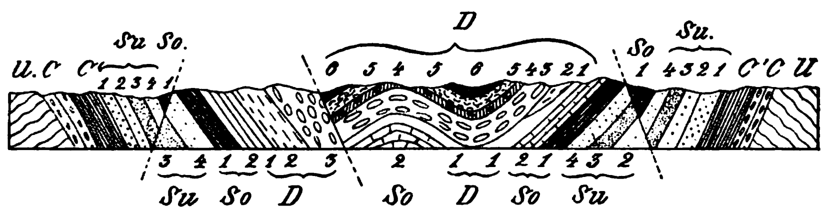


Fig. 19. Idealprofil durch die altpaläozoische Schichtenfolge Böhmens. Nach FR. KATZER.

U Urgebirge. *C* Przibramer Grauwacke. *C'* *Paradoxides*-Schiefer und hangende cambrische Schichten. *Su 1—4* Untersilur. *So 1* Obersilurischer Graptolithen-Schiefer. *So 2* Obersilurischer Kalk. *D 1—6* Devon.

Porphyrlager ausser Acht, so gliedert sich das böhmische Silur in folgender Weise:

Obersilur.	F^1	BARR.	Dunkle, plattige Kalke und Schiefer mit zahlreichen Graptolithen, Spongienresten, *Tentaculites intermedius*, *Bronteus umbellifer*, Prälucinen, Hercynellen etc.
	E^2	„	Dünnschichtige, graue, krystalline Kalke, stellenweise schieferig werdend, erfüllt mit allerhand Cephalopoden, Gastropoden, Brachiopoden, Trilobiten, Korallen etc. (*Calymmene Blumenbachi* [7, 3], *Sphaerexochus mirus*, *Cheirurus insignis* [7, 1], *Harpes* [7, 4], *Acidaspis* [7, 2], *Lichas*, *Phacops*, *Cardiola interrupta* [9, 2], *Halysites catenularia* [10, 9], *Capulus*, *Orthoceras bohemicum*, *Cyrtoceras* [8, 5], *Gomphoceras* [8, 6], *Phragmoceras* [9, 1] etc.).
	E^1	„	Schwarze, graptolithenführende Schiefer mit unreinen Kalken und Diabastuffen. Zuunterst noch *Diplograptus* neben Monograpten (6, 6—9), weiter aufwärts nur solche und daneben *Cyrtograptus* (6, 12), *Rastrites* (6, 11), *Retiolites* (6, 10) etc.

Untersilur.	D^5	Barr.	Schiefer mit Quarzitbänken. *Agnostus tardus, Aeglina, Calymmene Blumenbachi, Ampyx Portlocki, Cheirurus, Remopleurides, Diplograptus* (6, 5), *Dicellograptus* etc.
	D^4, D^3	„	Dunkle glimmerige Schiefer und Sandsteine. *Trinucleus Goldfussi* (8, 7), *Tr. ornatus, Aeglina rediviva, Cheirurus claviger* u. a., *Dalmanites, Illaenus, Asaphus, Nucula, Orthis*, Cystideen etc.
	D^2	„	Quarzitische Sandsteine mit *Asaphus ingens, Dalmanites socialis* (8, 4), *Acidaspis Buchii, Illaenus, Trinucleus, Placoparia* etc.
	$D^1\gamma$	„	Schwarze, plattige Schiefer mit Kieselgallen, enthaltend *Placoparia Zippei, Ogygia, Illaenus, Dalmanites, Aeglina* (8, 6), *Ribeiria, Orthis, Didymograptus.*
	$D^1\beta$	„	Diabase, Schalsteine und Rotheisensteine mit *Orthis, Lingula, Harpides Grimmi, Amphion Lindaueri, Didymograptus.*

Das Untersilur beginnt, wie schon früher bemerkt, mit der weithin transgredirenden Bildung $D^1\beta$. Die dann folgenden mächtigen dunklen schiefrig-sandigen Schichten entsprechen im unteren Theil dem englischen Llandeilo, im oberen dem Bala. In ihrer Gesammtheit weichen sie sowohl von der englischen als auch von der skandinavisch-russischen Entwickelung sehr erheblich ab. Vor allem fällt der völlige Mangel einer dem nordischen Orthoceren- bezw. Vaginatenkalk vergleichbaren Bildung und, was damit zusammenhängt, die Armuth des böhmischen Untersilur an Cephalopoden auf. Aber auch die Zahl der mit den nordischen Ländern identen Species ist auffallend gering. Dies gilt besonders für den unteren Theil der Schichtenfolge, während im oberen etwa ein Dutzend auch in Nordeuropa auftretende Species (*Aeglina armata* und *rediviva, Remopleurides radians, Trinucleus ornatus = concentricus* und *Tr. Bucklandi* etc.) vorhanden sein mögen[1]).

Man hat daraus geschlossen, dass Böhmen sammt den sich ihm in der Ausbildung anschliessenden Silurgebieten durch eine Landscheide vom nordeuropäischen Silurmeere getrennt war. In der jüngeren Untersilurzeit kann diese Trennung aber keinenfalls eine vollständige gewesen sein; wie vielmehr die immerhin nicht ganz unbeträchtliche Zahl der gemeinsamen Formen beweist, muss damals zwischen beiden Gebieten eine den Austausch von Arten ermöglichende Verbindung bestanden haben.

Auch im Obersilur macht sich eine ähnliche Verschiedenheit gegenüber der nordischen Entwickelung geltend. So im Fehlen der in Nordeuropa wie in Amerika und im nördlichen Asien an der Basis der Schichtenfolge auftretenden grossen glatten Pentameren; so in der auch hier sich wiederholenden geringen Zahl der mit dem Norden identen Arten (z. B. von Trilobiten nur *Cheirurus insignis, Calymmene Blumenbachi (?), Deiphon Forbesi, Sphaerexochus mirus).* Dennoch ist es Marr, Tullberg u. A. gelungen, im böhmischen E^1 eine ganz ähnliche Auf-

[1]) Wentzel, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsamt. Wien 1891, 117.

einanderfolge von Graptolithenzonen nachzuweisen (von unten nach oben die Zonen mit *Mon. gregarius*, mit *Rastrites peregrinus*, mit *Ceph. cometa*, mit *Mon. turriculatus*, mit *Cyrt. spiralis*, mit *C. Murchisoni* und mit *Mon. testis)*, wie in Schonen, England und anderen Ländern. Die versteinerungsreichen E^2-Kalke müssen demnach dem unteren Ludlow, die hangenden F^1-Schichten aber, die stellenweise (so besonders bei Kosoř) noch eine Menge von Graptolithen — wie es scheint, ausschliesslich *Monograptus*-Arten — einschliessen, dem Oberludlow zugerechnet werden.

In aller Kürze seien hier noch die sogen. Colonien Barrande's erwähnt. Barrande verstand darunter das von ihm mehrfach beobachtete Auftreten einer jüngeren Fauna inmitten der Gesteine einer älteren, insbesondere das Erscheinen der *E*-Fauna inmitten von *D*-Schichten. Er erklärte dies aus der Annahme, dass zur Zeit, als sich die *D*-Schichten bildeten, die anderweitig bereits entwickelte *E*-Fauna in das böhmische Meer eingewandert und hier stellenweise mit der *D*-Fauna zusammengelebt habe — eine Anschauung, die er mit der grössten Beharrlichkeit gegen alle abweichenden Ansichten vertheidigte. Es ist aber jetzt nachgewiesen, dass die Colonien mit Lagerungsstörungen zusammenhängen, durch welche örtlich Schichten mit einer jüngeren Fauna in das Niveau älterer Gesteine hineingerathen sind. Die Colonien sind mithin auf grabenartige Schichtenversenkungen zurückzuführen, wie sie den deutschen, skandinavischen und englischen Geologen lange geläufig sind. Der von Tullberg erbrachte Nachweis, dass in den Colonien die verschiedenen Graptolithenzonen genau in derselben Reihenfolge und in gleicher Gesteinsausbildung über einander liegen wie in den geschlossenen Schichten der Stufe E^1, dürfte auch die letzten Zweifel an der Richtigkeit dieser Erklärung beseitigt haben.

Was im übrigen Europa von Silur entwickelt ist, schliesst sich in sehr bemerkenswerther Weise fast durchgängig eng an die böhmische und nicht an die nordische Ausbildung an.

Dies zeigt sich zunächst in dem einzigen Gebiete Deutschlands, in welchem silurische Ablagerungen bis vor Kurzem mit Sicherheit bekannt waren, nämlich im **thüringisch-fränkisch-Fichtelgebirger Districte.** Nach den Forschungen von R. Richter, Gümbel und Liebe gliedern sich die concordant über dem Cambrium liegenden silurischen Schichten dieser Gegend von oben nach unten folgendermaassen:

Obersilur.

- Oberer Graptolithenschiefer mit *Monograptus*-Arten (*M. Nilssoni, dubius, bohemicus* etc.)
- Ockerkalk, hellfarbige, eisenreiche, sich bei der Verwitterung ockerig zersetzende Kalke mit *Cardiola cornu copiae, Orthoceras, Puella* etc.
- Unterer Graptolithenschiefer. Alaun- und Kieselschiefer mit Leitformen des engl. Wenlock, Tarannon u. Llandovery (*Mon. testis, Cyrtogr. Murchisoni, M. priodon; Retiolites Geinitzianus, M. turriculatus* u. *spiralis, Rastrites Linnaei; Rastr. peregrinus, M. gregarius, Climacogr., Diplogr.*).

Untersilur.

- Versteinerungsfreier, etwas kalkiger, gelblich verwitternder Thonschiefer (Lederschiefer) mit Cystideen (*Echinosphaerites*).
- Mächtige, zum Theil dachschieferartige, oft griffelig abgesonderte Schiefer (Griffelschiefer) mit grossen Arten von *Asaphus, Ogygia* etc.
- Glauconitisch-oolithische Rotheisensteine mit *Orthis* (sogen. Thuringitzone).
- Graue phyllitische Schiefer mit quarzitischen Einlagerungen und *Phycodes circinnatus.*
- Leimitzschiefer mit der Fauna der *Ceratopyge*-Schichten oder des Tremadoc.

Die zuerst durch Barrande bekannt gewordene Fauna von Leimitz unweit Hof erweist sich durch das Auftreten von *Euloma, Niobe, Lichapyge* etc. als ein Aequivalent der *Euloma-Niobe*-Fauna Brögger's [1]). Das Vorhandensein dieses Horizontes im Fichtelgebirge ist um so bemerkenswerther, als er im benachbarten Böhmen (wo ihm wohl die Discordanz zwischen Cambrium und Silur entspricht) gänzlich fehlt.

Die früher dem Cambrium zugerechneten Phycoden-Schiefer müssen nach Auffindung von *Ph. circinnatus*, einer vermeintlichen Alge, in ganz übereinstimmender Ausbildung auch im Untersilur Südfrankreichs und Cataloniens zum Silur gezogen und sammt der Thuringitzone dem tieferen Arenig gleichgestellt werden. Der Griffelschiefer bildet ein ungefähres Aequivalent des englischen Llandeilo, der Lederschiefer ein solches des Caradoc. Die allgemeine Uebereinstimmung der drei Glieder des Thüringer Obersilur mit den böhmischen Stufen E^1, E^2 und F^1 ist augenfällig.

Im **Harz** ist das Vorhandensein von Silur schon vor langer Zeit von A. Römer erkannt, später aber in Abrede gestellt worden und erst neuerdings wieder zur Anerkennung gelangt. Es gehören hierher insbesondere die von Lauterberg bis ins Selkethal verbreiteten, wohl zum grössten Theil dem oberen Graptolithenschiefer Ostthüringens gleichstehenden Graptolithenschiefer, sowie in der Gegend von Mägdesprung vorkommende dunkle, fein krystalline Kalke mit der Fauna des böhmischen F^1. Weiter sind auch die mächtigen Quarzite des Acker-Bruchberg-Zuges und von Ilsenburg, die Plattenschiefer von Mägdesprung u. s. w., sowie ein grosser Theil der früher als Tanner Grauwacke bezeichneten feldspathführenden Grauwacken silurischen Alters.

[1]) Nyt Mag. f. Naturvidensk., Bd. 30, 1896.

Auch bei **Magdeburg** treten dieselben Gesteine als Unterlage des Culm noch einmal zu Tage.

Im **niederrheinischen Schiefergebirge** ist das Silur erst in jüngster Zeit nachgewiesen worden. Man verdankt seine Auffindung A. Denckmann, dem es gelang, im Kellerwalde unweit Wildungen Graptolithen und andere beweisende Versteinerungen zu entdecken. Die ganze, in sehr mannigfaltiger Weise aus Grauwacken (Urfer Grw.), Thonschiefern, Wetz- und Kieselschiefern, verschiedenartigen Kalken und Quarziten (Wüstegarten-Quarzit = Acker-Bruchberg-Quarzit des Harzes) zusammengesetzte, im Allgemeinen sehr versteinerungsarme Schichtenfolge scheint dem Obersilur anzugehören [1].

In einer soeben erschienenen Abhandlung über den Kellerwald [2] theilt Denckmann die silurische Schichtenfolge folgendermaassen ein:

Steinhorn-Schichten:
- Klüftiger Plattenkalk mit *Monogr., Hercynella, Patrocardium, Cyphaspis* etc. = F^1 Barr.
- Obere Steinhorn-Sch. mit *Phacops, Orthoceras,* Tentaculiten, *Plumulites, Monogr.*
- Untere Steinhorn-Schichten mit Zweischalern, *Scyphocrinus, Monogr.* (= Fauna der tieferen Bänke von E^2 Barr. bei Karlstein unw. Prag.
- Gilsa-Kalk mit *Phacops, Dalmanites, Tentac. ornatus, Lunulicardium, Agoniatites.*

Rückling-Schiefer mit Dachschiefereinlagerungen.

System des Kellerwald-Quarzits:
- Grauwacken des Ortberges
- Wüstegarten-Quarzit
- Schiffelborner Schichten

} mit einigen Zweischalern *(Nucula),* unbestimmbaren Brachiopoden, Landpflanzen.

Möscheider Schiefer mit Zweischalern, Orthoceren, Tentaculiten.

Urfer-Schichten:
- Dünnplatt. Thonschiefer, Grauwacken etc. mit Landpflanzenresten.
- Graptolithenschiefer, Kieselschiefer etc. mit *Cardiola, Scyphocr., Monograptus, Phacops, Tentac. ornatus.*
- Densberger Kalk mit *Monogr., Ctenodonta* etc.
- Grauwacken etc. des Königsbergs.
- Plattenschiefer mit Landpflanzenresten *(Sphenopteridium).*

Hundshäuser Grauwacke mit *Monograptus, Retiolites,* Tentaculiten.

Besonders bemerkenswerth ist die Auffindung von Goniatiten, die bisher im Silur noch völlig unbekannt waren, im Gilsa-Kalk.

Auch weiter nach Südwesten zu ist das Silur in wesentlich übereinstimmender, wenn auch leider noch versteinerungsärmerer Ausbildung vorhanden. Es erstreckt sich nämlich vom Kellerwalde aus als ein durchschnittlich einige Kilometer breiter, vielfach verworfener oder auch ganz

---

[1] Denckmann, Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1896, 144.

[2] Derselbe, Der geol. Bau des Kellerwaldes. Abh. d. preuss. geol. Landesanstalt, 1901.

unterbrochener Streifen im Norden von Marburg vorbei bis in die Gegend südlich und südwestlich Herborn, woselbst es unter den Basalt- und Braunkohlenbildungen des Westerwaldes verschwindet[1]).

Man darf als wahrscheinlich ansehen, dass es mit der Zeit gelingen wird, noch an anderen Punkten des rheinischen Gebirges silurische Bildungen nachzuweisen.

In Ostdeutschland treten nur an einigen Punkten des Königreichs **Sachsen** und **Schlesiens** (bei Görlitz, Silberberg, Lauban u. s. w.) Graptolithenschiefer auf, während den süddeutschen Gebirgen Silur ganz zu fehlen scheint.

Eine grössere Verbreitung besitzt das Silur in den **Alpen.** Schon seit langer Zeit kennt man hier bei Dienten unweit Werfen im Salzburg'schen *Cardiola cornu copiae*, *Dualina* und andere obersilurische Versteinerungen. In grösserer Vollständigkeit und ansehnlicher Ausdehnung aber sind silurische Ablagerungen neuerdings in der südlichen Grauwackenzone der österreichischen Alpen, in den Karawanken und Steiner Alpen (in Kärnten und Krain) und namentlich in den Karnischen Alpen, im Osterniggebirge, am Kellerspitz, im Wolayer Gebiet u. s. w. nachgewiesen worden.

Nach Stache u. A.[2]) geben sich auch hier überall am deutlichsten Graptolithenschiefer mit *Monograptus*, *Rastrites*, *Diplograptus*, *Climacograptus* etc. zu erkennen, die als ungefähre Aequivalente der schottischen Birkhill-Schiefer angesehen werden können. Darüber folgen obersilurische, dunkle oder hellfarbige (zum Theil rothe) Orthocerenkalke mit vielen Orthoceren und Trilobiten — unter diesen letzten *Arethusina Haueri*, *Cheirurus Quenstedti*, *Cromus Beaumonti* und andere böhmische Arten — Cardiolaceen etc. Unter den erwähnten Graptolithenschiefern aber treten als Vertreter des Untersilurs mächtige Thon- und Grauwackenschiefer mit Quarziten auf, in denen sich *Strophomena expansa*, *Orthis calligramma*, *Porambonites* und andere bezeichnende Versteinerungen gefunden haben.

In **Belgien** ist in den Ardennen zwar Cambrium, aber kein Silur bekannt. Dagegen ist solches sowohl im südlichen Brabant (besonders bei Grand Manil unweit Gembloux) entwickelt, als auch in dem langen schmalen Bande älterer Schichten, das im Süden der Maas und Sambre bei Huy, Namur und Charleroi verlaufend und die Scheide zwischen der grossen belgischen Südmulde (Bassin de Dinant) und der Nordmulde

---

[1]) Beushausen, Denckmann, Holzapfel u. Kayser, Jahrb. d. pr. geol. Landesanstalt f. 1896, S. 278.

[2]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1884, 277. — Frech, ebendas. 1887, 702.



(Bassin de Namur) bildend, als Crête du Condroz bezeichnet wird (Fig. 20). Die reiche Fauna von Grand Manil mit *Trinucleus*, *Calymmene*, *Orthis* etc. hat das Alter des Caradoc [1]; in der Crête du Condroz sind ausserdem auch Schichten vom Alter des Arenig (*Didymogr.*-Schiefer von Huy etc.), Llandeilo (?), Wenlock und Ludlow entwickelt [2]. Die obersilurischen Bildungen dieser Gegend erstrecken sich nach Westen zu bis in das Département Pas-de-Calais hinein.

Diese belgisch-französischen Silurbildungen zeigen faunistisch eine so grosse Aehnlichkeit mit denen des englischen Silurgebietes, dass sie diesem und nicht der böhmisch-südeuropäischen Silurregion zugezählt werden müssen.

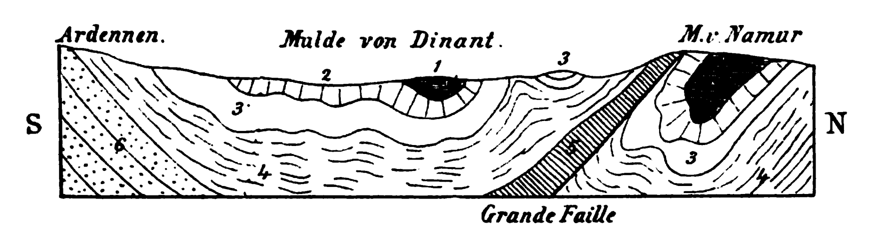


Fig. 20. Grosse belgisch-nordfranzösische Ueberschiebung. Nach GOSSELET und CH. BARROIS.
1 Prod. Carbon. *2* Kohlenkalk. *3* Ober- und Mitteldevon. *4* Unterdevon. *5* Silur. *6* Cambrium.

Anders steht es mit dem übrigen **Frankreich**, wo silurische Bildungen sowohl im Nordwesten, namentlich in der Normandie, als auch im Süden, in der Montagne Noire (Languedoc) und in den Pyrenäen bekannt sind. Als typisch kann für den Norden die folgende Zusammensetzung gelten [3]:

Obersilur.

- Schiefer mit Kalkknollen, die *Cardiola cornu copiae*, Orthoceren, *Puella*, *Dualina*, *Ceratiocaris* etc. enthalten.
- Alaunschieferartige bituminöse Schiefer (Schistes ampélitiques) mit Graptolithen.
  1. Schiefer des Anjou mit *Monogr. lobifer, spiralis, Climacogr.*
  2. Schiefer von Poligné mit *Monogr. spiralis, priodon, colonus.*

Untersilur.

- Kalk von Rosan mit *Orthis Actoniae* und *testudinaria* etc.
- Sandstein von May (bei Brest unbekannt, aber im Calvados etc.) mit *Trinucleus concentricus*, *Homalonotus Brongniarti* etc.
- Dachschiefer von Angers mit *Calymmene Tristani*, *Ogygia Buchii*, *Placoparia Tourneminei*, *Asaphus* etc.
- Armoricanischer Sandstein, an der Basis oft conglomeratisch, mit Wurmlöchern, Kriechspuren, *Lingula*, *Asaphus armoricanus*, mit zahlr. Zweischalern (*Ctenodonta*, *Redonia*) etc.

---

[1] MALAISE, Bull. acad. belg., v. XXXVII.
[2] Derselbe, Ann. soc. géol. de Belgique, v. XXV bis, 180, 1900.
[3] Vergl. BARROIS, Führer auf d. Excurs. d. internat. Geologen-Congr. zu Paris, 1900, Nr. 7.

Wir parallelisiren die *Cardiola*-Schiefer dem Ludlow, die darunter liegenden Graptolithenschiefer dem Wenlock bezw. Llandovery, die beiden tieferen Stufen dem Caradoc, die Schiefer von Angers dem Llandeilo, den Sandstein dem Arenig. Tremadoc-Aequivalente fehlen. In ihrer ganzen Ausbildung und Fauna schliesst sich die Schichtenfolge, zumal in der oberen Abtheilung, eng an die böhmische Facies an. Eine Menge böhmischer Typen findet sich auch hier wieder.

Im Süden ist die Entwickelung eine ganz ähnliche [1]), nur dass hier (bei St. Chinian) auch der dem Tremadoc entsprechende *Euloma-Niobe*-Horizont in ausgezeichneter Weise vertreten ist [2]).

Hervorzuheben ist noch, dass Ch. Barrois im Anschluss an die Arbeiten von Lapworth und Tullberg auch die Graptolithenvorkommen Frankreichs untersucht und stratigraphisch geordnet hat und dabei zu ganz ähnlichen Ergebnissen gelangt ist wie die genannten Forscher [3]):

Die Phyllograptiden sind in Frankreich, wie auf der ganzen Erde, auf die Aequivalente des Arenig beschränkt; ebenso von den Dichograptiden die Gattungen *Tetragraptus* und *Dichograptus*,

Die Dichograptiden finden sich ausschliesslich im Untersilur. Die Diplograptiden (*Diplogr.*, *Climacogr.*, *Dimorphogr.*) sind ausgezeichnet durch eine grosse vertikale Verbreitung, die vom Arenig bis an die Basis des Wenlock reicht.

Die Monograptiden (*Monogr.*, *Cyrtogr.*, *Rastrites*) und Retiolitiden finden sich ausschliesslich im Obersilur.

Rastrites kennzeichnet das Llandovery; *Cyrtograptus* erscheint erst nach dessen Erlöschen im Tarannon und Wenlock.

Retiolites reicht von der Basis des Llandovery bis zu der des Ludlow.

Die verschiedenen Gruppen von *Monograptus* spielen eine verschiedene stratigraphische Rolle. So geht die des *M. Nilssoni* durch das ganze Obersilur hindurch, während die des *lobifer* auf das unterste Obersilur beschränkt ist, die des *colonus* besonders im Wenlock zu Hause ist u. s. w.

Auch in **Asturien, Catalonien,** der **Sierra Morena, Portugal** sowie auf der Insel **Sardinien** folgt das Silur im Wesentlichen der nämlichen Entwickelung: in der oberen Abtheilung spielen überall dunkle Knollenkalkschiefer mit *Cardiola cornu copiae*, Orthoceren etc. sowie Graptolithenschiefer die Hauptrolle, in der unteren Schiefer mit grossen

---

[1]) Bergeron, Führer auf der Excurss. d. intern. Geologen-Congr. Paris, Nr. 18.

[2]) Brögger, Nyt Magaz. f. Naturvidensk., Bd. 30, 1896.

[3]) Annales soc. géol. du Nord, v. XX, 1892.

Asaphiden, *Calymmene* etc. Ueberall finden sich neben Localformen solche, die mit böhmischen Species identisch oder analog sind, während mit den Silurgebieten der europäischen Nordzone nur sehr wenige Arten gemein sind.

Gehen wir nunmehr zu einer kurzen Betrachtung der aussereuropäischen Silurbildungen über, so steht hier allen übrigen Gebieten **Nordamerika** an Bedeutung weitaus voran. Silurische Ablagerungen nehmen hier einen grossen Theil des gewaltigen Gebietes zwischen der Alleghanykette und dem Mississippi ein und sind auch in den Weststaaten (Arcansas, Nevada, Colorado etc.) sowie in Canada bis weit über den Polarkreis hinaus verbreitet. Am längsten bekannt und besten studirt sind sie im Staate New-York, wo sie, ähnlich wie an den Küsten der Ostsee, auf weite Erstreckung nahezu wagerecht liegend, concordant auf dem cambrischen Potsdamsandstein aufruhen, um nach oben allmählich in die ihnen concordant aufliegenden Devonbildungen überzugehen. Vor allen anderen amerikanischen Geologen hat sich James Hall um die stratigraphische und paläontologische Kenntniss des nordamerikanischen Silurs verdient gemacht durch seine „Palaeontology of New-York", eine an Umfang nur durch das bekannte Barrande'sche Werk übertroffene, 1847 begonnene, aber noch nicht zum Abschluss gelangte Monographie, deren drei erste Bände den organischen Inhalt der cambrisch-silurischen Schichten behandeln.

Wir geben im Nachstehenden die Eintheilung wieder, die der genannte Forscher im Verein mit drei anderen New-Yorker Staatsgeologen, Mather, Emmons und Vanuxem, schon zu Beginn der 40er Jahre d. v. Jahrh. aufgestellt hat, und setzen daneben eine erst in neuester Zeit vorgeschlagene Gliederung, die den paläontologischen Thatsachen mehr gerecht zu werden versucht als die ältere, wesentlich auf petrographisch-stratigraphischer Grundlage aufgebaute Eintheilung [1]).

[1]) J. Clarke und Schuchert, Science, n. s., vol. X, Nr. 259, 1899. — Die den Formationsbezeichnungen vorgesetzten Ausdrücke *Palaeo* (oder *Eo*), *Meso* und *Neo*, die sich mit den im Deutschen seit langem üblichen Ausdrücken Unter, Mittel und Ober (Unterdevon, Mittelcarbon) decken, sollen einem Vorschlage von H. S. Williams zufolge für alle Formationen Verwendung finden; also Neodevonic, Mesojurassic etc.

	Aeltere Eintheilung	Neuere Eintheilung		
Obersilur.	Tentaculite limestone Waterlime Onondaga salt group	Manlius limestone Rondout waterlime Salina beds	Cayugan = Neontaric	Ontaric or Siluric
	Niagara limestone	Guelph dolomite Lockport limestone Rochester shale	Niagaran = Mesontaric	
	Clinton beds Medina sandstone Oneida conglomerate	Clinton beds Medina sandstone, Shawangunk grit Oneida conglomerate	Oswegan = Paläontaric	
Untersilur.	Hudson River slates Utica beds	Richmond beds (Ohio, Indiana) Lorraine beds Utica slates	Cincinnatian = Neochamplainic	Champlainic or Ordovician
	Trenton limestone Black River limestone Birdseye limestone	Trenton limestone Black River limestone Lowville limestone	Mohawkian = Mesochamplainic	
	Chazy group Calciferous sandstone	Chazy limestone Beekmantown limestone	Canadian = Paläochamplainic	

Wir bemerken zu dieser Tabelle, dass das Canadian etwa dem europäischen Tremadoc und Arenig gleichsteht, die beiden oberen Hauptglieder des New-Yorker Untersilurs aber etwa dem Llandeilo und Bala. Nach Ablagerung dieses letzten traten in grossen Theilen des Staates New-York wie auch Pennsylvaniens Hebungen ein, die örtliche Discordanzen zur Folge hatten. Die drei Abtheilungen des Obersilurs entsprechen dem europäischen May Hill, Wenlock und Ludlow. Bis vor Kurzem war es in Amerika allgemein üblich, auch die über dem Cayugan folgenden sogen. Unterhelderbergschichten als jüngstes Glied zum Silur zu ziehen. Gründe, die erst bei Besprechung des nordamerikanischen Devon auseinandergesetzt werden können, machen es indess erforderlich die Grenze zwischen Silur und Devon in Amerika so zu ziehen, wie es neuerdings J. Clarke thut, d. h. zwischen Manlius- und Coemans-Kalk [1]).

[1]) The Oriskany-Fauna of Becraft mountain (Mem. of the New-York-State Museum, 1900). — Ausser paläontologischen Gründen — der Manl.-K. enthält noch lauter typisch-silurische Formen, wie *Eurypterus, Ilionia, Oncoceras, Halysites* etc. — kommt für diese Grenzziehung auch eine besonders bei Buffalo deutlich hervortretende Erosionsdiscordanz in Betracht. In der Helderberg-Epoche wurde der obere Theil der Manlius-Kalke abgetragen und ausgewaschen, so dass die den Oriskany-Sandstein vertretenden Sande mit tiefen Taschen in den Manlius-(und Rondout-)Kalk eingreifen.

Zur Charakteristik der verschiedenen Stufen der obigen Tabelle sei Folgendes bemerkt:

Der Beekmantown-Kalk (Calciferous) besteht aus kalkig- (dolomitisch-) sandigen Schichten, die neben grossen Cephalopoden und Schnecken, wie sie sich auf der ganzen Erde erst mit Beginn des Silurs einstellen, und typisch silurischen Trilobiten (*Asaphus*, *Illaenus*, *Amphion*, *Cheirurus*, *Ampyx* etc.) noch eine Reihe cambrischer Formen (*Bathyurus*, *Agnostus*, *Dicellocephalus* etc.) einschliessen — eine Erscheinung, die sich ja auch in den europäischen Aequivalenten dieser Stufe (Tremadoc, Glauconitkalk) wiederholt.

Der Chazy-Kalk ist besonders durch die grosse *Maclurea magna* und andere Gastropoden, Brachiopoden, Cystideen etc. charakterisirt. Auch er enthält noch einige cambrische Trilobitentypen.

Der Birdseye- und Black River-Kalk sind orthocerenreiche, sonst aber versteinerungsarme Ablagerungen. Dagegen ist der Trenton-Kalk eines der versteinerungsreichsten Glieder des amerikanischen Silurs, das (besonders in Ohio) eine Fülle von Brachiopoden (*Platystrophia lynx* [5, 3], *Orthis testudinaria* und *tricenaria*, *Leptaena*, *Strophomena*) Bryozoen, Korallen, Gastropoden, Zweischalern, Trilobiten (*Isotelus platycephalus, Cheirurus pleurexanthus, Chasmops, Calymmene, Lichas, Trinucleus concentricus*) etc. enthält. Die altuntersilurische Gattung *Endoceras* geht bis hier herauf.

Die drei obersten Glieder des Untersilurs wurden früher gewöhnlich als Hudson-Gruppe zusammengefasst. Nachdem sich aber immer deutlicher herausgestellt, dass die dunklen ursprünglich so benannten Schiefer des Hudsonthales in der Gegend von Albany die Fauna des Trenton, Utica und Lorraine einschliessen, muss jener Name aufgegeben werden. Die Utica-Schiefer schliessen ausser *Triarthrus Becki* u. a. noch eine reiche Graptolithenfauna ein, die nach ihrer Zusammensetzung (*Diplogr.*, *Dendrogr.*, *Coenogr.*, *Dicranogr.*) dem oberen Llandeilo angehören muss [1]).

Im Obersilur stellt das Clinton mit seinen grossen glatten Pentameren *(oblongus)*, *Illaenus Barriensis*, *Homalonotus delphinocephalus, Platystrophia lynx*, *Orthis elegantula*, *Atrypa reticularis*, den ersten Eurypteren etc. ein offenbares Aequivalent der ebenfalls besonders durch das Auftreten solcher Pentameren ausgezeichneten Llandovery-Schichten der alten Welt dar.

Noch grösser ist die Aehnlichkeit der versteinerungsreichen Kalke und Mergel des Niagaran mit dem europäischen Wenlock- und Gotländer Kalk. Die Korallen (*Halysites catenularia* und *escharoides*, *Favosites*

---

[1]) Lapworth, Transact. roy. soc. Canada, IV, 167, 1886.

gotlandica, Heliolites interstincta etc.), Brachiopoden (*Orthis elegantula* und *biloba*, *Spirifer plicatellus, Meristina nitida, Atrypa reticularis, Rhynchonella cuneata*), Trilobiten (*Illaenus Barriensis*, *Calymmene Blumenbachi, Encrinurus punctatus*) u. a. stimmen zum grossen Theil mit Arten der genannten cisatlantischen Kalksteine überein.

Das Cayugan endlich stellt eine über 200 m mächtig werdende, fast versteinerungsleere Folge von bunten (unseren Keupermergeln ähnlichen) gyps- und salzführenden Mergeln und Sandsteinen dar. Sie enthält im Rondout Waterlime eine Kalkbildung, die durch eine ähnliche Vergesellschaftung von grossen Eurypteriden mit Leperditien, Tentaculiten und (pteraspiden) Fischen ausgezeichnet ist, wie sie in den jüngsten Silurschichten des schottischen Lesmahagow-Distriktes und auf der Insel Oesel auftreten. Der Manlius-Kalk endlich enthält nur einige Crinoiden (die auch in Böhmen vorkommende Gattung *Camerocrinus*), ein paar Arten von *Spirifer* und *Strophomena,* einige Schnecken, Zweischaler etc.

Wie bei der Grösse des Gebietes leicht verständlich, weisen die silurischen Ablagerungen der inneren und westlichen Staaten manche Abweichungen von der Entwickelung im Staate New-York auf. Der Raum verbietet ein näheres Eingehen auf diese Verschiedenheiten. Nur die wichtige Thatsache, dass im sogen. Eureka-Distrikte in Nevada im unteren Theil des sogen. Pogonip eine typische Vertretung der *Euloma-Niobe*-Fauna vorhanden ist, darf nicht unerwähnt bleiben.

Ebenso muss noch hervorgehoben werden, dass die Quebec-Gruppe W. Logan's in Ost-Canada, eine über 1000 m mächtige Folge von Kalken, Mergeln und Schiefern, in ihrer unteren Abtheilung, der sogen. Levis-Formation, eine sehr reiche, derjenigen der englischen Skiddaw-Schiefer entsprechende Graptolithen-Fauna (mit *Phyllogr.*, *Tetragr.*, *Didymogr.*, *Dichogr.* etc.)[1]) und ausserdem ebenfalls die *Euloma-Niobe*-Fauna (mit *Euloma* [?], *Niobe*, *Apatocephalus*, *Triarthrus*, *Harpides*) einschliesst.

Die ganze Gruppe stellt, wie schon W. Dawson erkannt hat, die einzige bisher aus Amerika bekannte Vertretung der nordeuropäischen Ausbildung des älteren Untersilurs dar. Man darf daraus folgern, dass das früher erwähnte algonkische Festland der cambrischen Periode auch während der älteren Untersilurzeit fortbestanden hat; sonst wäre die Uebereinstimmung der fraglichen canadischen Ablagerungen mit solchen Nordeuropas und ihre Verschiedenheit von denen des übrigen Nordamerikas kaum zu verstehen. Erst in der späteren Untersilurzeit fiel die trennende Landschranke, und daraus erklärt sich die Uebereinstimmung, die im Gegensatz zu den älteren Untersilur-

---

[1]) J. Hall, Geol. Survey of Canada, dec. II, 1865.

bildungen die jüngeren ordovicischen und noch mehr die obersilurischen Faunen Nordamerikas mit denen Nordeuropas zeigen — eine Uebereinstimmung, die um so schwerer wiegt, als sie keineswegs auf die pelagischen Cephalopoden- und Graptolithenschichten beschränkt ist, sondern ebenso die in flachem Meere gebildeten Brachiopoden- und Korallenbänke betrifft. Man darf mithin annehmen, dass in der Obersilurzeit ein grosser zusammenhängender periarktischer Ocean von Europa bis nach Nordamerika hinüberreichte.

Dieser grosse Ocean dehnte sich nicht nur über grosse Theile der heutigen Vereinigten Staaten und Canadas aus, sondern erstreckte sich auch bis weit über den Polarkreis hinaus. Hat man doch bezeichnende obersilurische Versteinerungen noch unter 79—82° n. Br. auf Grinnell-land sowie am Humboldtgletscher an der gegenüberliegenden Küste Grönlands aufgefunden! Es sind das Anzeichen für eine in obersilurischer Zeit im arktischen Nordamerika stattgehabte Transgression, welcher nach Dana (Manual of Geology, 4. ed., 571) ein theilweiser Rückzug des Meeres im Innern des Continentes, insbesondere im Westen des Mississippi, entsprochen hätte.

Unter den übrigen Gebieten der nördlichen Halbkugel kommt für die Verbreitung silurischer Bildungen noch **Asien** in Betracht. Das Untersilur besitzt hier nach Baron von Toll [1]) im Gebiete der Lena, des Olenek und der Steinigen Tunguska eine grosse Verbreitung. Sehr bemerkenswerth ist, dass die Schichtfolge nach oben in rothe, salz- und gypsführende Sandsteine übergeht, wie wir sie aus dem Silur bisher nur in der nordamerikanischen Salina-Gruppe kennen gelernt haben. In derselben Gegend, ebenso wie in China (Shansi) und im Himalaya, sind auch obersilurische Ablagerungen vorhanden.

Gehen wir schliesslich zu den **Süd-Continenten** über, so scheinen silurische Schichten nur in Afrika zu fehlen.

In **Australien** kennt man Silur in Victoria, Neu-Süd-Wales, Tasmanien und Neuseeland, besonders als Graptolithenschiefer, die überwiegend dem älteren Untersilur, zum Theil aber auch dem Obersilur angehören [2]). Auch obersilurische Trilobiten, Brachiopoden und Korallen sind in diesen Gegenden gefunden worden.

In **Südamerika** ist das Untersilur namentlich in Argentinien entwickelt, wo Kalke und Schiefer mit *Megalaspis*, *Illaenus*, *Maclurea*, *Lituites*, *Orthis calligramma*, *Didymograptus* etc. auf Bildungen vom Alter des Canadian bezw. des skandinavischen Orthocerenkalkes hin-

[1]) Verh. d. mineral. Ges. St. Petersburg, Bd. 33, 1895.

[2]) T. S. Hall, Geol. Magaz. 1899, 439.

weisen [1]). Auch in Peru hat man untersilurische Graptolithen gefunden. Graptolithenführendes Obersilur scheint im Amazonas-Becken vertreten zu sein.

Werfen wir zum Schluss einen vergleichenden Rückblick auf die Entwickelung der Silurformation überhaupt, so zeigt sich, dass die beiden Hauptausbildungen, die wir in Europa kennen lernten, die skandinavische und die böhmische, sich dort so ziemlich die Wage halten. Denn während die erste in ganz Nordeuropa (im Balticum, Podolien und Galizien, ganz Skandinavien, in England, Belgien und im Pas-de-Calais) herrschend ist, so ist die zweite für den ganzen Westen und Süden (Böhmen, Fichtelgebirge, Ostthüringen, Harz, rhein. Schiefergebirge, Nordwest- und Süd-Frankreich, Spanien, Italien und Alpen) maassgebend. Angesichts der grossen Verbreitung beider Facies könnte man erwarten, beide auch ausserhalb Europas vertreten zu finden. Das ist aber nicht der Fall. Die Silurbildungen Nordamerikas schliessen sich namentlich in ihrer oberen Abtheilung eng an die nordeuropäische Entwickelung an, und auch Alles, was wir von Silur in den arktischen Regionen (arkt. Nordamerika, Grönland, Timan, Novaja Semlja, Neusibirische Inseln), ebenso wie in Asien und Südamerika kennen, trägt den Charakter der nordeuropäischen und nicht der böhmischen Entwickelung. Unter diesen Umständen dürfen wir aussprechen, dass die nordeuropäische oder, wie wir sie auch nennen könnten, die periarktische Entwickelungsform die normale, dem Weltocean der Silurperiode entsprechende Ausbildung darstellt, während die böhmische oder mediterrane im Vergleich zu jener nur die Bedeutung einer Localfacies besitzt.

Ueber die unseres Erachtens nur eine mehr oder weniger örtliche Bedeutung besitzenden Meeresbewegungen der Silurzeit sind bereits im Vorstehenden einige Mittheilungen gemacht worden. Nur das muss noch hervorgehoben werden, dass Dana, Brögger, Lapparent u. A. die weltweite Verbreitung der silurischen Meeresfaunen, insbesondere das Vorkommen riffbildender Korallen über den Polarkreis hinaus, als Beweis für ein gleichmässig warmes, damals auf der ganzen Erde herrschendes Klima ansehen.

Wir lassen schliesslich noch eine vergleichende Uebersicht über die Zusammensetzung des Silurs in einigen besonders wichtigen Gebieten folgen.

---

[1]) Kayser, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Bd. 49, 1897.

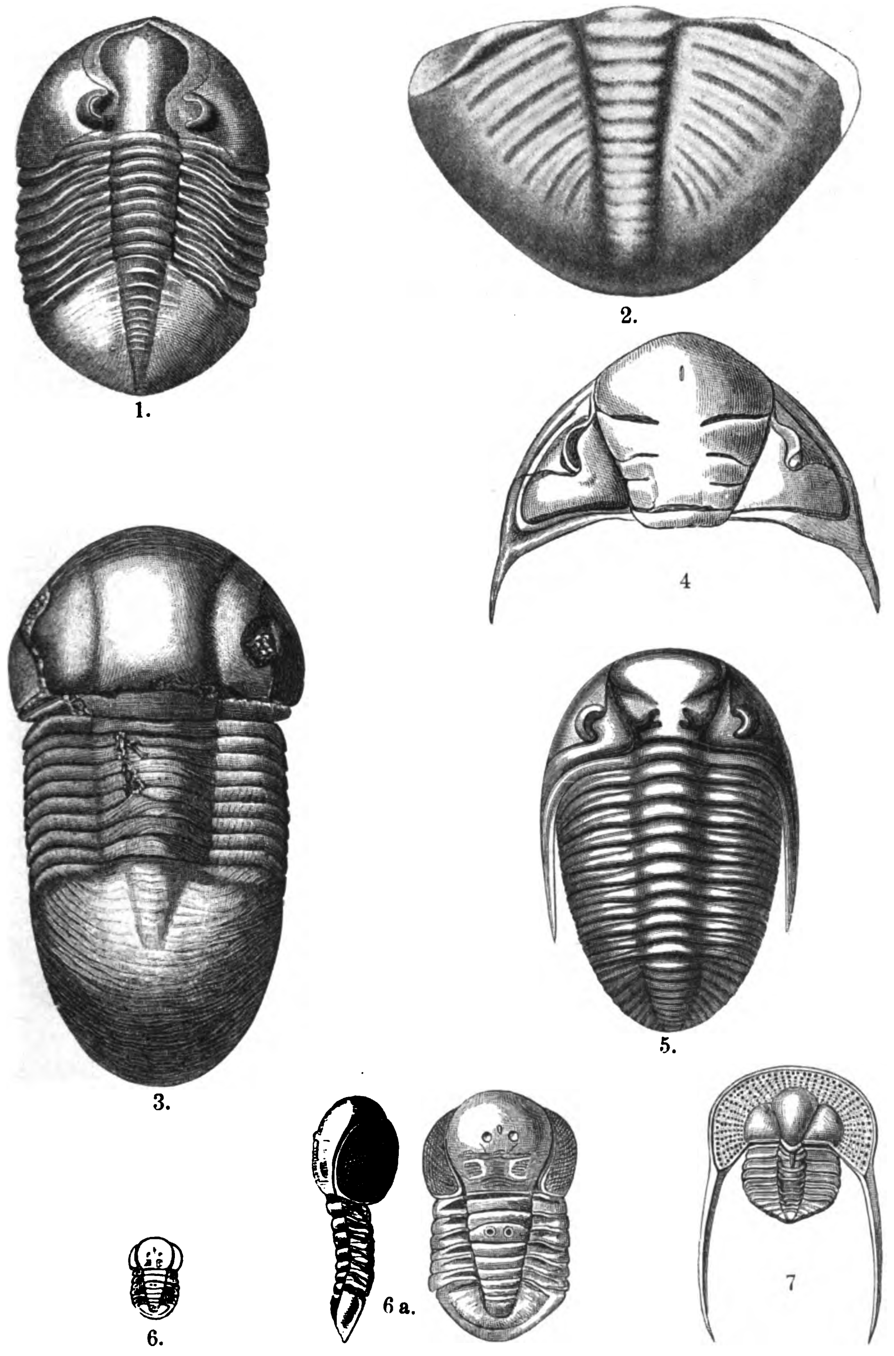
Vergleichende Uebersicht über die Entwickelung der Silurformation in einigen Hauptgebieten.

	England und Schottland		Skandinavien		Russische Ostseeländer	Nordamerika	Böhmen
	Sandig-kalkige Entwickelung	Schieferige (graptolithische) Entwickel.	Graptolithische Entwickelung	Kalkige Entwickelung			
Obersilur.	Ludlow	Bannisdale-Schiefer (*Monograptus*)	*Cardiola*-Schiefer	Sandsteine, Mergel und Kalke der Insel Gotland	Podol. Pterasp.-Eurypt.-Sch. Obere Oesel-Schichten	Cayugan (Water-lime, Salina beds)	F^1 E^2
	Wenlock	Riccarton-Schiefer (*Cyrtogr., Monogr., Retiolites*)	*Cyrtograptus*-Schiefer		Untere Oesel-Sch.	Niagaran	E^1 (Graptol.-Schief.)
	May Hill oder Llandovery	Birkhill-Schiefer (*Monogr., Rastrites, Diplogr.*)	*Rastrites*-Schiefer		Schichten mit glatten Pentameren	Oswegan (Clinton-, Medina beds)	
Untersilur (Ordovicium).	Bala oder Caradoc	Hartfell-Schiefer (*Dicellogr., Pleurogr., Dicranogr.*)	Brachiopoden-Schiefer *Trinucleus*-Schiefer	*Leptaena*-Kalk *Trinucleus*-Kalk	Borkholm- und Lyckholm-Schichten Wesenberg-Schichten	Cincinnatian	D^5
	Llandeilo	(Glenkiln-Schf.) *Didymogr.*	Mittlerer Graptol.-Schiefer (*Didymogr., Diplogr., Dicellogr., Climacograptus*)	*Chasmops*-Kalk Cystideen-Kalk	Jewe'sche, Itfer'sche, Kuckers'sche Schichten Echinosphäriten-Kalk	Mohawkian (Trenton Kalk, Black River-, Birdseye-Kalk)	D^4, D^3 D^2
	Llanvirn	(Glenkiln-Schf. / Skiddaw-Schiefer) *Dicranogr.* *Diplogr.*		Orthoceren-Kalk	Vaginaten-Kalk		D^1 γ
	Arenig	(Skiddaw-Schiefer) *Dichogr.* *Tetragr.*	Unterer Grapt.-Schiefer (*Phyllogr., Tetragr.*)		Glauconit-Kalk	Canadian / Quebeck Gr. Canadas: Chazy-Kalk	D^1 β
	Tremadoc	(Skiddaw-Schiefer) *Bryogr.*	*Ceratopyge*-Schichten (*Euloma-Niobe*-Fauna)		Glauconit-Sand	Canadian / Quebeck Gr. Canadas: Beekman-town-Kalk	—

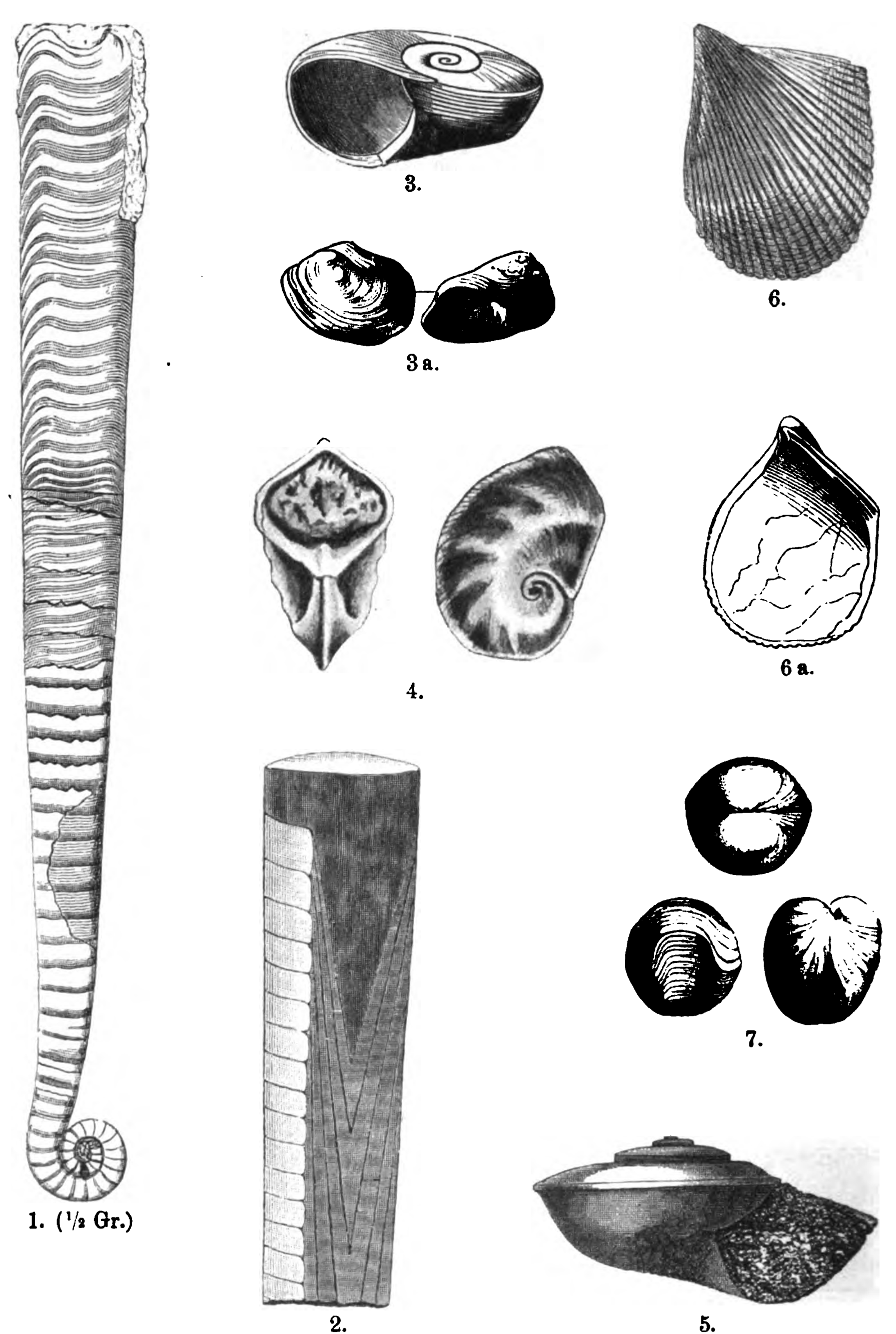
Paläontologischer Charakter der silurischen Formation.

Im Vergleich mit der cambrischen zeigt das organische Leben der silurischen Formation einen sehr erheblichen und vielseitigen Fortschritt. Ausser den beiden einzigen im Cambrium einigermaassen reichlich vertretenen Thiergruppen, den Trilobiten und Brachiopoden — die beide auch im Silur eine grosse Rolle spielen — treten als neue, besonders wichtige Abtheilung noch die Cephalopoden hinzu, die allenthalben mit Beginn des Silur sich mit grossen typischen Formen einstellen. Sie werden überall begleitet von grossen dickschaligen Schnecken. Von anderen niedrigeren, im Cambrium noch nicht oder so gut wie nicht vertretenen Thieren erscheinen jetzt Korallen, Crinoiden und Graptolithen. Die letzte Phase der Silurzeit ist noch besonders gekennzeichnet durch das Erscheinen der ersten Fische, in deren Begleitung sowohl in Europa als in Nordamerika eine sehr eigenthümliche Sippe riesiger Kruster, die Eurypteriden auftreten. Endlich fällt in das Silur das älteste Auftreten von Landpflanzen (*Sigillaria*, *Lepidodendron*, *Sphenophyllum* in der Cincinnati-Gruppe Nordamerikas), Insecten (*Palaeoblattina* in Nord-Frankreich, Arachniden (Skorpione im Obersilur Gotlands, Schottlands [Lesmahagow] und Nordamerikas) und Myriapoden (Estland, Schottland).

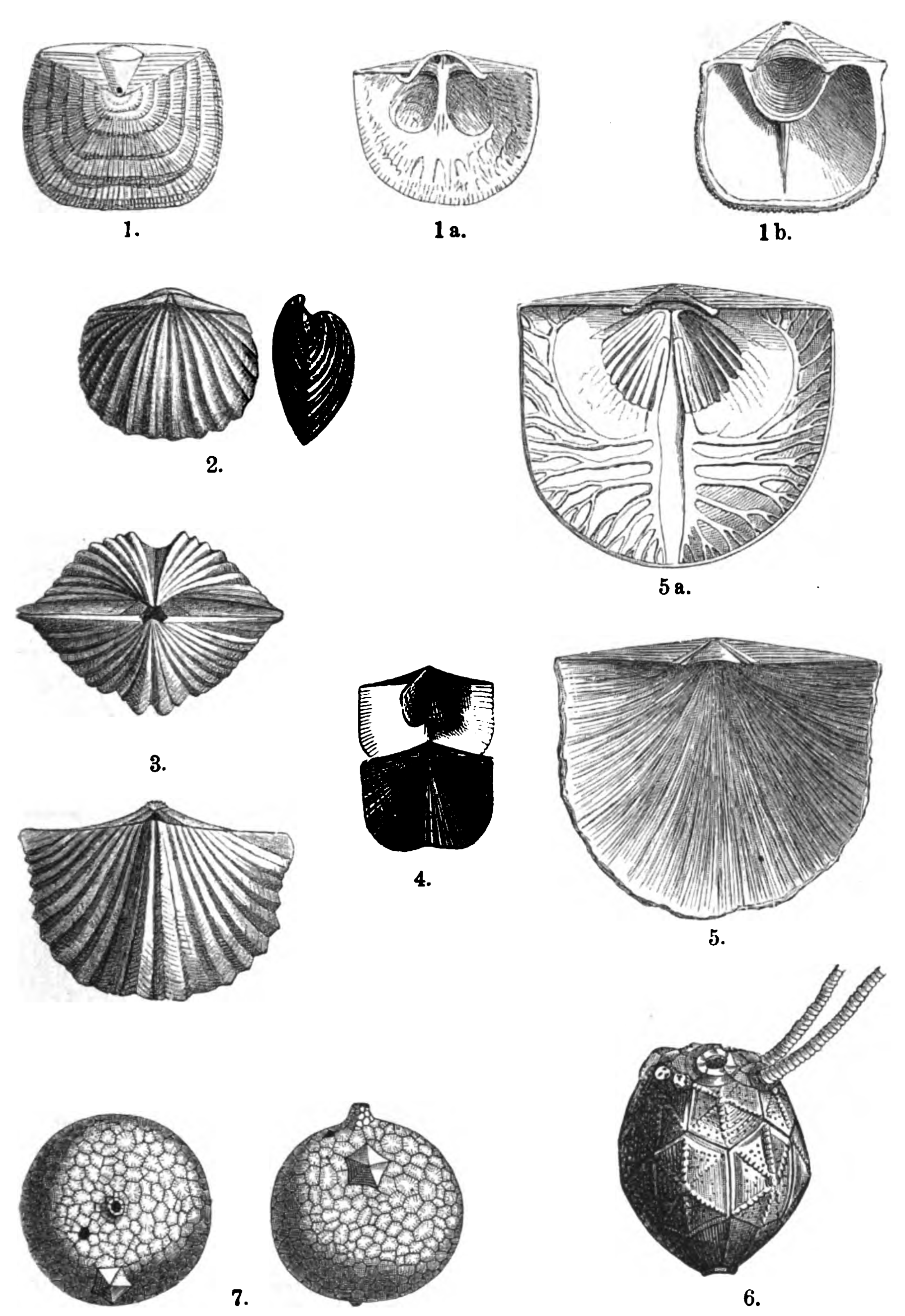
Die Hauptleitfossilien sind im Silur ebenso wie im Cambrium die Trilobiten. Im Gegensatz zu den cambrischen besitzen aber die meisten silurischen Formen wohl ausgebildete (facettirte) Augen und eine längere Schwanzklappe. Auch waren sie im Stande, sich zusammenzukugeln (7, 3). Im Untersilur sind besonders wichtige und verbreitete Gattungen *Asaphus* (**3**, 1) und *Illaenus* (**3**, 3), die erste ausschliesslich untersilurisch, die zweite auch ins Obersilur hinaufgehend. *A.* hat acht, *I.* zehn Rumpfringe, *A.* diagonal gefurchte, *I.* glatte Pleuren, *A.* eine grosse, mit langer Spindel versehene Schwanzklappe — was noch mehr bei der Untergattung *Megalaspis* (**3**, 2) der Fall ist —, *I.* eine sehr undeutlich begrenzte Spindel und Glabella. Eine andere sehr wichtige, etwas jüngere Gattung ist *Trinucleus* (**3**, 7), ausgezeichnet durch die langen Hörner und den siebartig durchlöcherten Rand des Kopfschildes, welchem Gesichtsnähte und Augen fehlen. Eine weitere, ausschliesslich untersilurische Gattung ist *Chasmops* (**3**, 5), zu den Phacopiden gehörig und demgemäss mit deutlich gekörnter Schale, nach vorn erweiterter Glabella und grossen Augen, aber von verwandten Formen durch die grossen dreieckigen Lappen auf den Seiten der Glabella unterschieden. Andere, auf das Untersilur beschränkte Genera sind *Ogygia*, *Placoparia*, *Aeglina* (**3**, 6), *Remopleurides* etc.



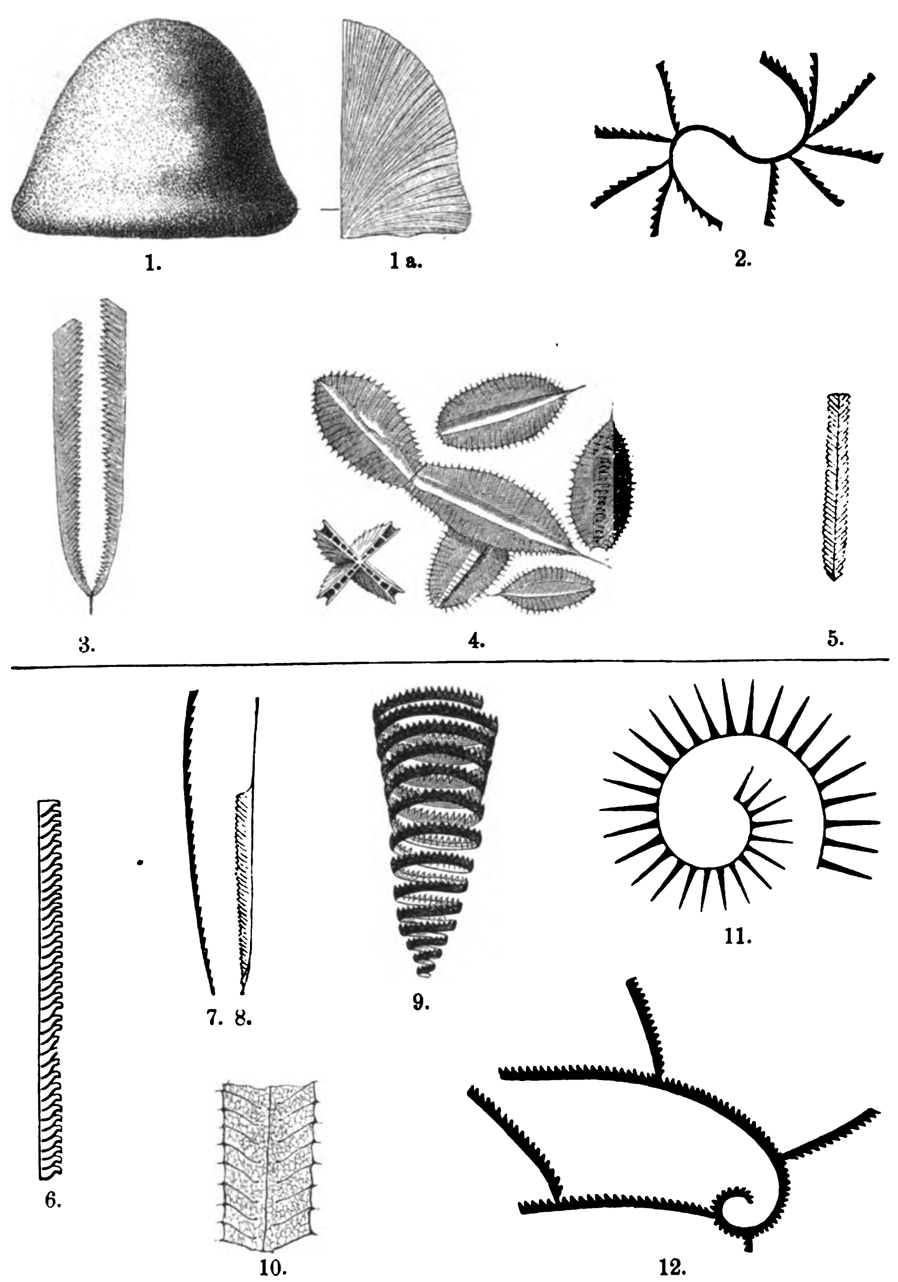
Taf. 3. Untersilurische Trilobiten. 1. *Asaphus expansus* Wahl. 2. *Megalaspis limbata* Boeck. 3. *Illaenus oblongatus* Ang. 4. *Dalmanites socialis* Barr., Kopfschild. 5. *Chasmops Odini* Eichw. 6. *Aeglina prisca* Barr. 6 a. Vergrössert. 7. *Trinucleus Goldfussi* Barr., etw. verklein.



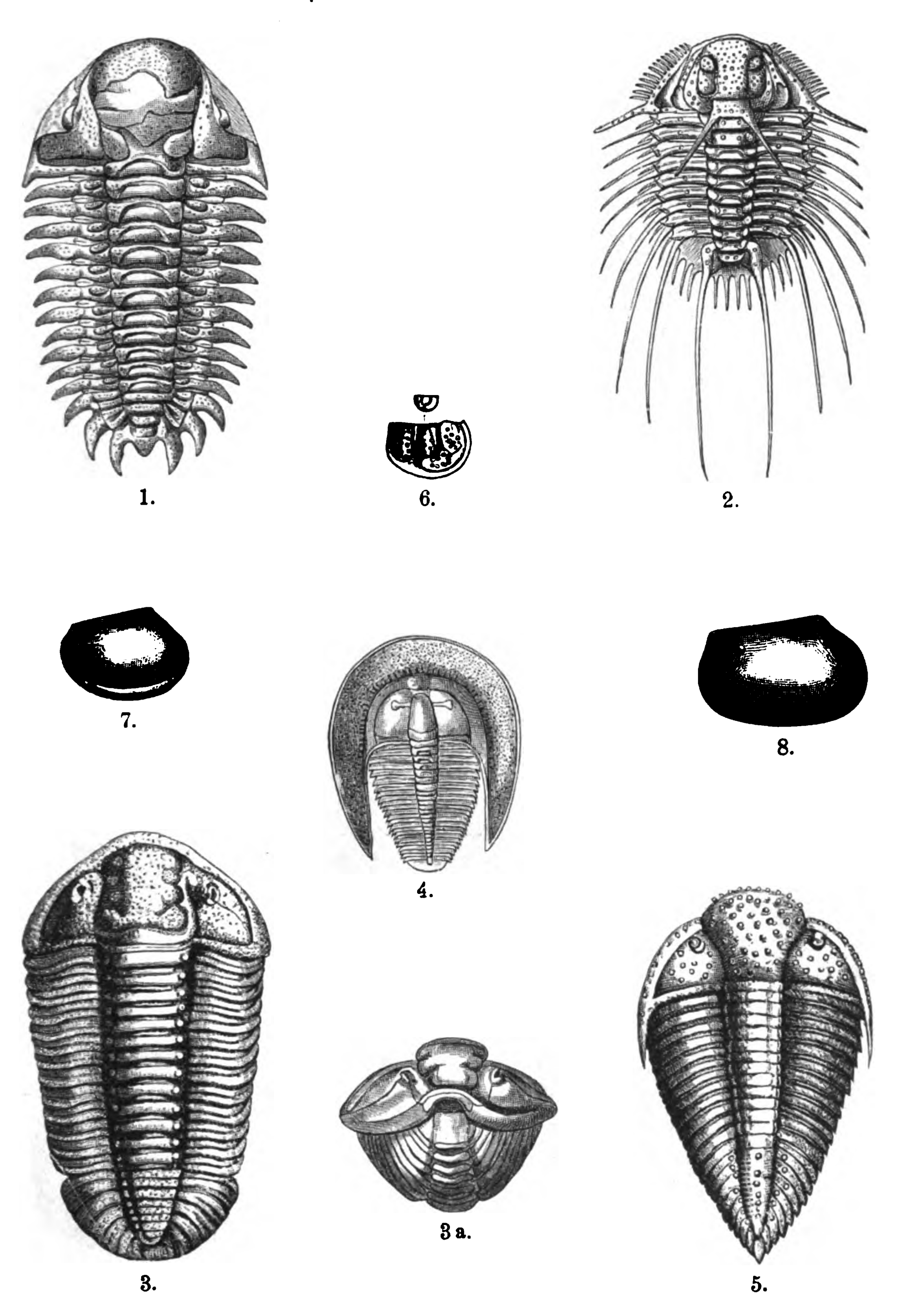
Taf. 4. Untersilurische Mollusken. 1. *Lituites lituus* Montf. 2. *Endoceras longissimum* J. Hall, Längsdurchschnitt. 3. *Maclurea Logani* Salt. 3 a. Deckel. 4. *Cyrtolites retrorsus* Ulrich. 5. *Pleurotomaria (Raphistoma) qualteriata* Schloth. 6. *Ambonychia bellistriata* J. Hall. 6 a. Rechte Klappe von innen. 7. *Porambonites aequirostris* Schloth.



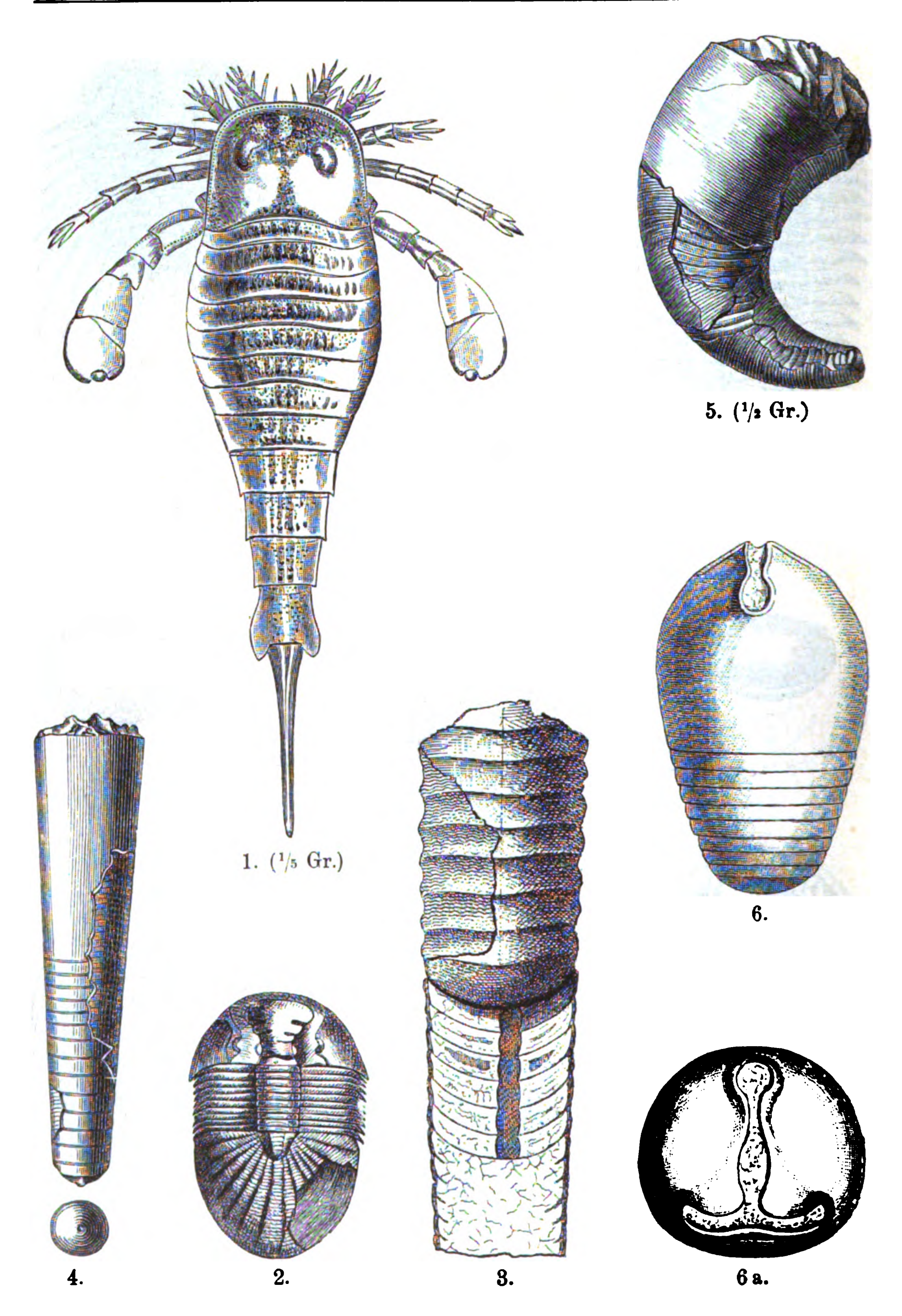
Taf. 5. Untersilurische Brachiopoden und Cystideen. 1. ***Orthisina adscendens*** PAND. 1 a. Kleine Klappe von innen. 1 b. Grosse Klappe desgl. 2. ***Orthis calligramma*** DALM. 3. ***Platystrophia lynx*** EICHW. 4. ***Orthis vespertilio*** SOW. 5. ***Strophomena alternata*** CONR. 5 a. Grosse Klappe von innen. 6. ***Caryocrinus ornatus*** SAY. 7. ***Echinosphaerites aurantium*** HISING., von oben und von der Seite.



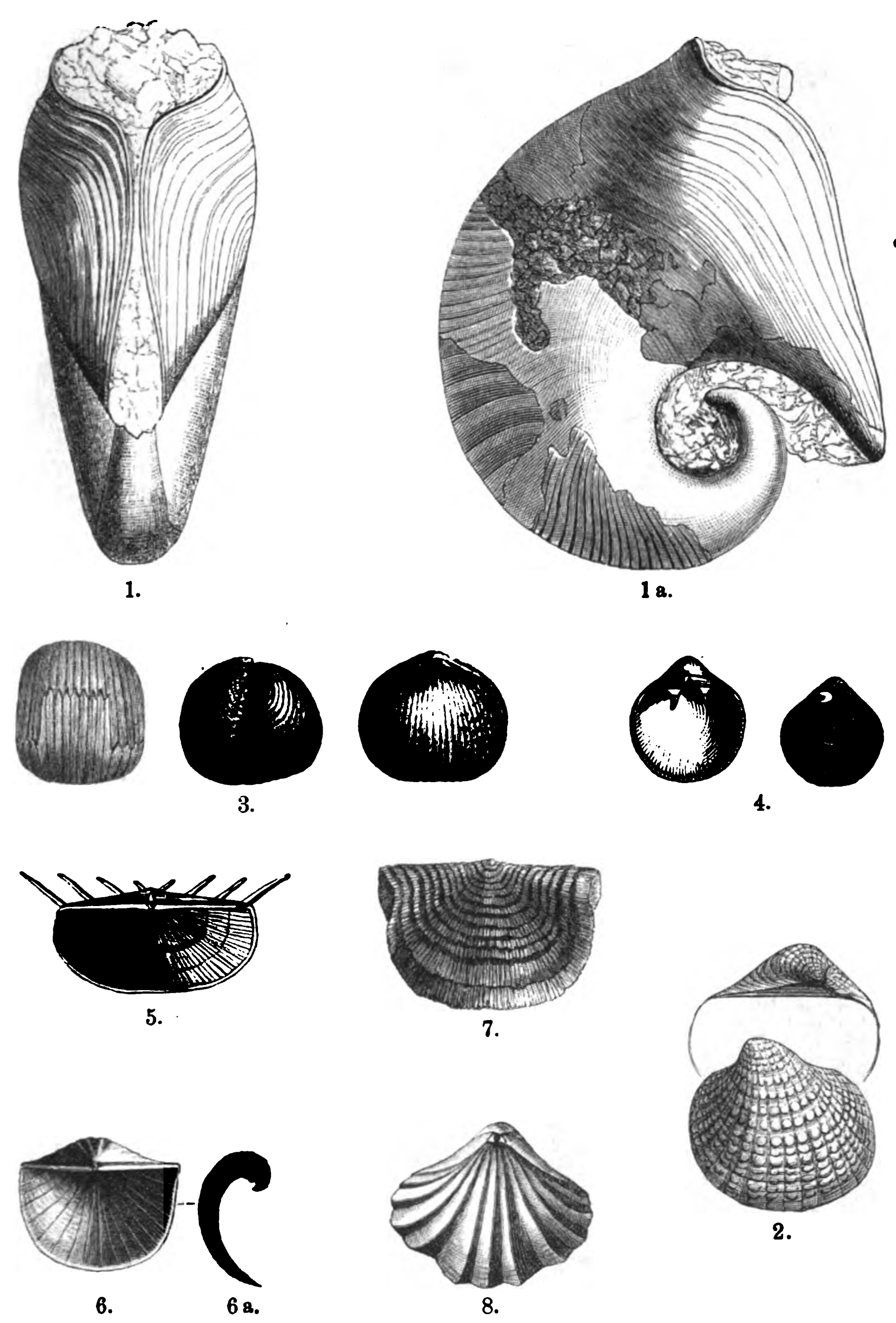
Taf. 6. Unter- (oben) und obersilurische (unten) Graptolithen und Korallen. 1. *Monticulipora petropolitana* Pand. 1 a. im Längsschnitt. 2. *Coenograptus gracilis* Hall. 3. *Didymograptus Murchisoni* Beck. 4. *Phyllograptus typus* Hall. 5. *Diplograptus palmeus* Barr. 6. *Monograptus priodon* Bronn. 7. *Monogr. Nilssoni* Barr. 8. *Monogr. colonus* Barr. 9. *Monogr. turriculatus* Barr. 10. *Retiolites Geinitzianus* Barr., vergr. Fragment. 11. *Rastrites Linnaei* Barr. 12. *Cyrtograptus Murchisoni* Carr.



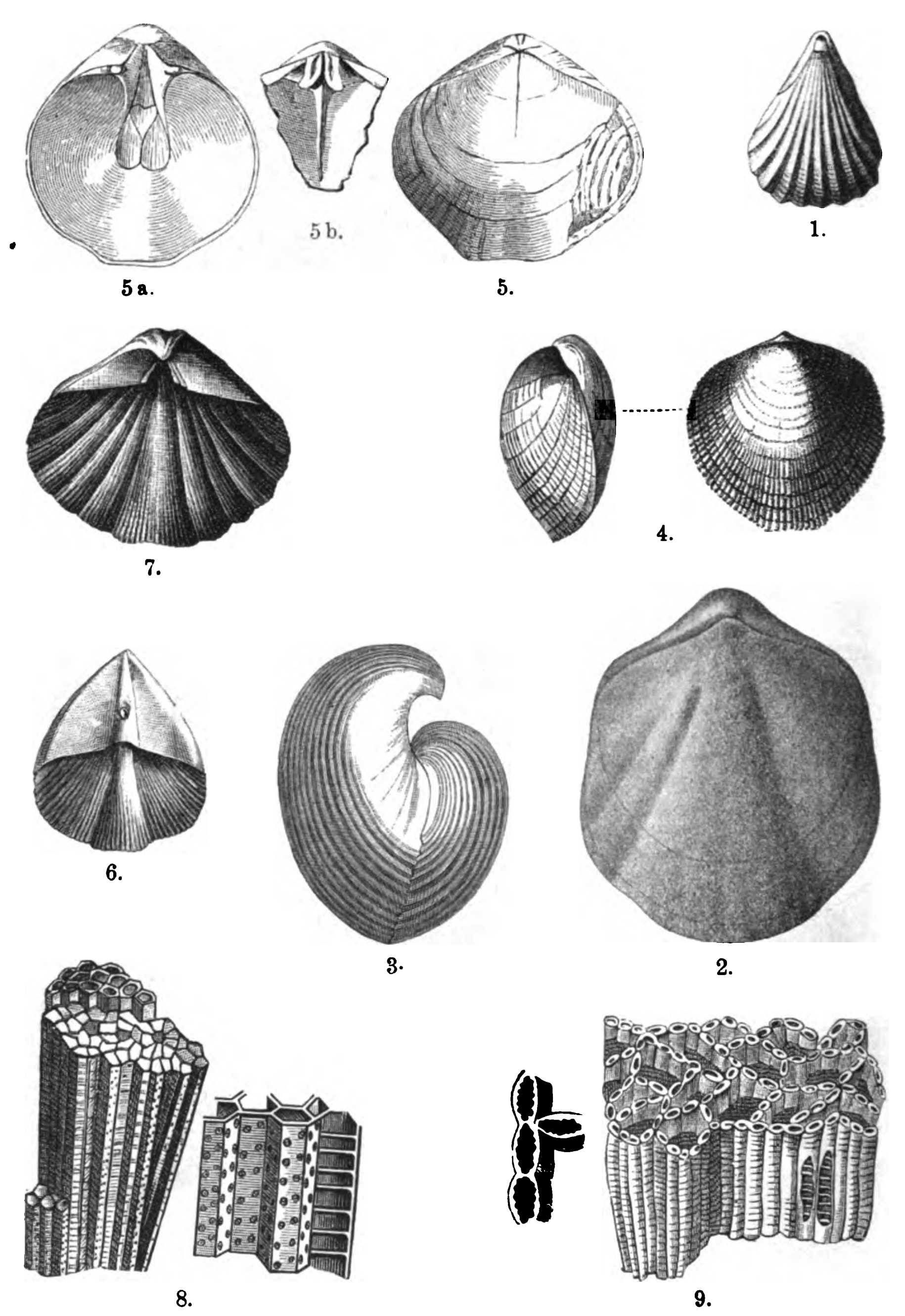
Taf. 7. Obersilurische Crustaceen. 1. *Cheirurus insignis* Beyr. 2. *Acidaspis Dufrenoyi* Barr. 3. *Calymmene Blumenbachi* Brongn. 3 a. Dieselbe zusammengerollt. 4. *Harpes ungula* Sternb. 5. *Encrinurus punctatus* Emmr. 6. *Beyrichia tuberculata* Klöd. 7 u. 8. *Leperditia Hisingeri* Schmidt.



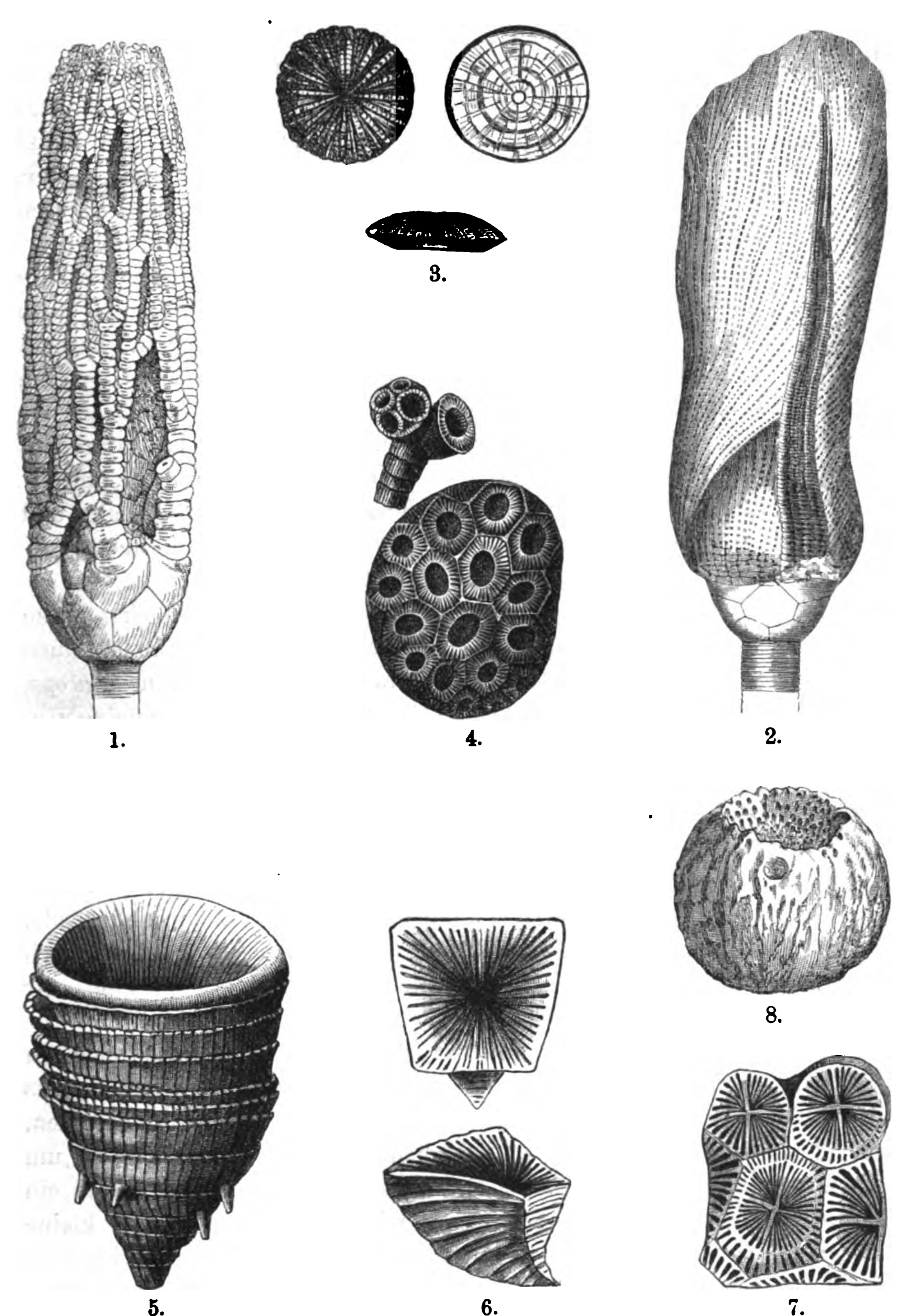
Taf. 8. Obersilurische Crustaceen und Cephalopoden. 1. *Eurypterus Fischeri* Eichw. 2. *Bronteus planus* Corda. 3. *Orthoceras annulatum* Sow. 4. *Orthoc. timidum* Barr. 5. *Cyrtoceras Murchisoni* Barr. 6. *Gomphoceras bohemicum* Barr. 6 a. Wohnkammer von oben.



Taf. 9. Obersilurische Mollusken. 1 u. 1 a. *Phragmoceras Broderipi* Barr., von vorn u. v. d. Seite. 2. *Cardiola cornu copiae* Goldf. (= *interrupta* Sow.) 3. *Rhynchonella Wilsoni* Sow. 4. *Orthis elegantula* Dalm. 5. *Chonetes striatella* Dalm. 6. *Leptaena transversalis* Dalm. 6 a. Querschnitt des Gehäuses. 7. *Strophomena rhomboidalis* Wahl. 8. *Rhynchonella borealis* Schloth.



Taf. 10. Obersilurische Brachiopoden und Korallen. 1. *Rhynchonella cuneata* Dalm. 2. *Pentamerus oblongus* Sow. 3. *Pentamerus Knighti* Sow. 4. *Atrypa reticularis* Lin. 5. *Meristella tumida* Dalm. 5 a. Inneres d. gross. Klappe. 5 b. Buckelgegend d. klein. Klappe von innen. 6. *Spirifer (Cyrtia) exporrectus* Dalm. 7. *Spirifer plicatellus* Lin. 8. *Favosites gotlandica* Lin. 9. *Halysites catenularia* Lin.



Taf. 11. Obersilurische Crinoiden, Korallen und Spongien. 1. *Cyathocrinus longimanus* ANG. 2. *Crotalocrinus pulcher* HIS. 3. *Palaeocyclus porpita* LIN. 4. *Acervularia luxurians* EICHW. 5. *Omphyma subturbinatum* D'ORB. 6. *Goniophyllum pyramidale* HIS. 7. *Stauria astraeiformis* M. EDW. u. H. 8. *Astylospongia praemorsa* GOLDF.

Unter den wichtigsten mit dem Obersilur gemeinsamen Gattungen sind zu nennen: *Dalmanites* (**3**, 4, vergl. auch **20**, 2) — ebenfalls ein Phacopide, dessen Glabella jederseits drei starke Seitenfurchen besitzt und dessen Kopfschild in lange Hörner, das Schwanzschild aber meist in eine Spitze ausläuft —, *Calymmene* (**7**, 3) — Kopf mit breit ovaler, stark gewölbter, deutlich begrenzter, jederseits in drei kugelige Lappen getheilter Glabella, kleinen klaffenden Augen, einem aufgeworfenen Stirnrand etc. —, *Homalonotus* — mit grosser, undeutlich begrenzter Glabella und sehr breiter Spindel, sonst ähnlich *Calymmene* —, *Cheirurus* (**7**, 1) — lang, schmal, mit sehr breiter Glabella, kleinen Augen, kurzem Pygidium und dornig endigenden Pleuren —, *Acidaspis* (**7**, 2) — eine stark gestachelte Form, Glabella mit zwei Längsfurchen —, *Lichas* — sehr breit, namentlich auch die Axe, Glabella ebenfalls mit Längsfurchen, Pleuren zugespitzt —, *Harpes* (**7**, 4) — Kopfschild mit breitem, durchlöchertem Rande, breiten, langen Seitenhörnern, eiförmiger Glabella und kleinen, aber deutlichen Augen — und *Ampyx* — augenlos, die aufgeblähte Glabella in eine lange Spitze auslaufend.

Neben diesen Gattungen finden wir im Obersilur noch eine ganze Reihe neuer Typen, welche der obersilurischen Trilobitenfauna einen wesentlich abweichenden Stempel aufdrücken. Dahin gehören *Phacops, Proetus*, *Encrinurus, Bronteus, Sphaerexochus, Cyphaspis, Arethusina* u. a. *Phacops* (vergl. **17**, 1 und **19**, 5) ist durch keulenförmige, schwach gefurchte Glabella, grosse, halbmondförmige Augen und kleinen Schwanz ausgezeichnet, *Proetus* durch eiförmige, fast ungefurchte Glabella und kleine Augen, *Encrinurus* (**7**, 5) durch breite, birnförmige, stark granulirte Glabella, kleine Augen, dreieckigen, vielgliederigen Schwanz etc., *Bronteus* (**8**, 2) durch sehr stark erweiterte Glabella, weit zurückliegende, sichelförmige Augen, völlig ungefurchte Pleuren und besonders durch eine grosse, sehr eigenthümlich geformte Schwanzklappe, die eine sehr kurze Spindel und breite, fächerartig angeordnete Rippen besitzt.

Unter den nicht trilobitischen Krustern der Silurformation sind am wichtigsten und interessantesten die erst im Obersilur beginnenden, bis in's Carbon aufsteigenden riesigen Eurypteriden. Die zahlreichen, zum Theil weit über Meterlänge erreichenden Formen schaaren sich um die Hauptgattung *Eurypterus* (**8**, 1). Alle sind ausgezeichnet durch ein breites, kurzes, aus einem Stück bestehendes Kopfschild, welches kleine zusammengesetzte Augen und sechs gegliederte, zum Theil mit Scheeren bewaffnete Beinpaare trägt. Der aus zwölf frei beweglichen Segmenten zusammengesetzte, in einen Schwanzstachel auslaufende Körper war mit feinen Schuppen bedeckt.

Auch die Familien der Limuliden (zu denen der heutige *Limulus polyphemus* [Molukkenkrebs] gehört) und Hemiaspiden hat man jetzt

bis in's Obersilur zurück verfolgt. Der ersten gehört die Gattung *Neolimulus*, der letzten *Hemiaspis* u. a. an.

Von sonstigen Krebsthieren wären zu nennen Phyllocariden mit der Gattung *Ceratiocaris* u. a. und Cirripedier mit *Plumulites* = *Turrilepas*, *Scalpellum* und *Pollicipes* — diese beiden letzten, noch jetzt lebenden Gattungen wies Ruedemann unlängst im nordamerikanischen Untersilur nach. Wichtiger sind einige Ostracoden oder Muschelkrebse, kleine Formen, bei denen die Weichtheile des Thieres vollständig von zwei auf der Rückenseite verbundenen Schalen von brauner horniger Beschaffenheit umschlossen waren. Besonders verbreitet sind die Gattungen *Leperditia* (7, 7, 8) und *Beyrichia* (7, 6), die erste wesentlich glatt, die letzte mit stark vortretenden Höckern. Namentlich im Beyrichienkalk der norddeutschen Silurgeschiebe finden sich Beyrichienschälchen zu Tausenden.

Die höchstorganisirten Thiere der Silurzeit, die Fische, erscheinen schon im alleruntersten Silur Russlands, in welchem Rohon unlängst kleine Fischzähnchen entdeckte. Häufiger werden sie erst im Obersilur, wo namentlich das Ludlow Englands und Podoliens Fischreste enthält. Sie gehören theils zu den Selachiern, theils zu den Cephalaspiden und Pteraspiden. Von Selachierresten liegt kaum etwas Anderes als Flossenstacheln (*Onchus* etc.) vor; von Cephalaspiden (Hauptgattung *Cephalaspis*), einer sehr eigenthümlichen, auf das oberste Silur und das Devon beschränkten Ordnung der „Placodermen“ oder Panzerfische, Theile des Kopfes (der aus einem einzigen, trilobitenähnlichen, hinten in lange Hörner ausgezogenen Schilde bestand) und des Rumpfes; von Pteraspiden (*Pteraspis*) endlich in der Regel nur Bauch- oder Rückenschilder.

Ungewöhnlich gut erhaltene Fischreste sind in neuester Zeit im schottischen Lesmahagow-Distrikte aufgefunden worden (S. 79). Nach Traquair gehören sie theils in die Verwandtschaft von *Pteraspis*, theils zu einer neuen Ordnung von Placodermen, den Anaspida.

Unter den Mollusken sind durch ihre Häufigkeit und Mannigfaltigkeit sehr wichtig die Cephalopoden. Sie gehören fast ausschliesslich der einen grossen Abtheilung der Nautiloidea (deren einziger lebender Vertreter die Gattung *Nautilus* ist) an, während die andere Hauptabtheilung, die Ammonoidea, noch so gut wie gänzlich fehlt [1]). Für das Untersilur sind von grosser Bedeutung die Gattung *Endoceras* (4, 2), gerade, *Orthoceras*-ähnliche Gestalten, aber mit sehr dickem, randlichem Sipho; ferner die zuerst spiral aufgerollte, später aber gerade fortwachsende, bischofstabähnliche Gattung *Lituites* (4, 1). Im Ober-

[1]) Erst in allerneuester Zeit hat Denckmann im Obersilur des Kellerwaldes Goniatiten entdeckt.



silur finden wir die stabförmig gestaltete Gattung *Orthoceras* (8, 3, 4), das sehr formenreiche, schwach gekrümmte Genus *Cyrtoceras* (8, 5), sodann *Gomphoceras* (8, 6) und *Phragmoceras* (9, 1) — gebaut wie *Orthoceras* bezw. *Cyrtoceras*, aber mit oben verengter Wohnkammer — ferner *Nautilus* (dessen Arten im Unterschied von den typischen jüngeren Formen sich nicht oder kaum umschliessende Windungen besassen), *Trochoceras*, das merkwürdige *Ascoceras* etc.

Unter den Gastropoden sind *Pleurotomaria* (4, 5), *Murchisonia*, *Turbo*, *Bellerophon* zu nennen, speciell im Untersilur *Maclurea* (4, 3) und der mit *Bellerophon* verwandte, aber gekielte *Cyrtolites* (4, 4), im Obersilur *Platyceras*, während unter den Pteropoden in der oberen Abtheilung der Formation die kleinen conischen, quergeringelten, oben offenen Hohlröhrchen der Gattung *Tentaculites* wichtig werden.

Von Pelecypoden oder Muscheln treffen wir nur integripalliate an, während sinupalliate noch völlig fehlen. Am verbreitetsten sind *Avicula-*, *Mytilus-*, *Arca-* und *Astarte*-artige Formen sowie *Cypricardinia*. Im Obersilur ist *Cardiola cornu copiae = interrupta* (9, 2) ein bekanntes Leitfossil.

Viel wichtiger, überhaupt neben den Cephalopoden allein reich entwickelt, waren im Silur die Brachiopoden. Auch hier finden wir wesentliche Unterschiede zwischen der unter- und obersilurischen Fauna. Im Untersilur spielen *Orthis* (5, 2, 4; 9, 4), *Leptaena* (9, 6) und *Strophomena* (5, 5; 9, 7) eine grosse Rolle; dazu kommen noch die ganz auf das ältere Silur beschränkten Gattungen *Porambonites* (4, 7), *Orthisina* (5, 1) und *Platystrophia* (5, 3). An der Basis des Obersilur werden grosse glatte *Pentamerus*-Arten (*oblongus* [10, 2], *estonus*, *borealis*) wichtig; höher aufwärts dagegen treffen wir *P. galeatus* und *Knighti* (10, 3). Später treten Formen mit inneren Spiralen oder die Spiriferaceen, nämlich *Meristella* (10, 5), *Merista*, *Atrypa* (10, 4), *Spirifer* (10, 6, 7), *Retzia* etc. auf, und es entwickelt sich die im Untersilur verhältnissmässig noch seltene Gattung *Rhynchonella* (9, 3; 10, 1) zu grossem Artenreichthum. Als jüngste wichtige Gattungen sind dann noch *Chonetes* (9, 5) und *Terebratula* zu nennen.

Bryozoen sind schon im Untersilur vorhanden, spielen aber in der Regel keine grosse Rolle.

Zu den Echinodermen übergehend, finden wir bereits Crinoiden, Echinoiden und Asteroiden entwickelt. Die beiden letztgenannten Gruppen sind allerdings erst spärlich vertreten (*Bothriocidaris, Protaster*), um so reichlicher dagegen die Crinoiden. Im Untersilur spielt die durch die Verkümmerung der Arme und den Mangel eines Stieles ausgezeichnete Ordnung der Cystideen — besonders mit Gattungen wie *Echinosphaerites*

(**5**, 7) und *Caryocrinus* (**5**, 6) — eine wichtige Rolle, während die eigentlichen oder Eucrinoiden noch selten sind; im Obersilur aber erlangen diese letzten eine grosse Entwickelung, während jene erheblich zurücktreten. Die silurischen Eucrinoiden gehören, wie alle paläozoischen, zu der Abtheilung der Tesselata oder Palaeocrinoidea, bei denen die den Kelch zusammensetzenden Täfelchen mit einander fest verwachsen (nicht, wie bei den jüngeren Formen, articulirend verbunden) sind. Besonders wichtige, zum Theil auch in die jüngeren paläozoischen Formationen übergehende Gattungen sind *Cyathocrinus* (**11**, 1), *Taxocrinus, Crotalocrinus* (**11**, 2), *Ichthyocrinus* u. a.

Auch die Cölenteraten waren bereits mannigfaltig vertreten. Die Korallen sind im Untersilur noch wenig verbreitet (hier die tabulate Gattung *Monticulipora* [**6**, 1]), gewinnen aber im Obersilur, wo sie oftmals förmliche Riffe zusammensetzen, eine grosse Bedeutung. Von Rugosen (Tetracorallen) sind *Cyathophyllum, Stauria* (**11**, 7), *Omphyma* (**11**, 5), *Palaeocyclus* (**11**, 3), *Acervularia* (**11**, 4), *Cystiphyllum*, das deckeltragende *Goniophyllum* (**11**, 6) u. a. zu nennen, von Tabulaten *Favosites* (**10**, 8), *Alveolites, Halysites* (**10**, 9), *Heliolites* u. a.

In der Klasse Hydrozoen sind die den lebenden Sertularien verwandten und gleich ihnen aus einer chitinösen Substanz bestehenden Graptolithen als überaus wichtige Charakterformen des Silur zu nennen. Ihre grosse Bedeutung für die Classification der Formation hängt mit ihrer weltweiten Verbreitung und mit der sehr rasch fortschreitenden Entwickelung der ganzen Gruppe zusammen. Früher hielt man sie für festgewachsene oder mit der Spitze in dem Schlamm des Meeresbodens haftende Formen. Seit man aber im nordamerikanischen Untersilur Graptolithenstäbe mit einer centralen Schwimmblase (Pneumatophor) und Eikapseln (Gonangien) zu Colonien vereinigt gefunden hat, muss man sie als freie, mit dem Plankton getriebene Thiere betrachten (vergl. Fig. 21). Die untersilurischen Graptolithen sind mehrarmig oder ästig verzweigt, wie *Didymograptus* (**6**, 3), *Coenograptus* (**6**, 2), *Tetragraptus*, *Dichograptus*, oder zweizeilig (auf beiden Seiten der Axe Zellen [Hydrotheken] tragend), wie *Diplograptus* (**6**, 5) und *Phyllograptus* (**6**, 4). Im Obersilur finden sich nur noch in tieferen Horizonten einige zweizeilige Formen — verzweigte fehlen bereits ganz —, während die grosse Mehrzahl einzeilig gebaut ist, wie *Monograptus* (**6**, 6—9), *Rastrites* (**6**, 11), *Cyrtograptus* etc. Die zweizeilige Gattung *Retiolites* (**6**, 10) mit netzförmig durchbrochener Oberfläche kommt sowohl im Unter- als auch im Obersilur vor.

Eine andere eigenthümliche, zu den Hydrocorallinen gehörige Form ist *Stromatopora*. Ihre aus zahlreichen über einander geschichteten,

concentrischen Kalkblättern aufgebauten, knolligen Stöcke waren schon im Untersilur vorhanden und nehmen besonders am Aufbau der obersilurischen Riffkalke wesentlichen Antheil.

Eine ungleich geringere Bedeutung als die Hydrozoen haben die Spongien. Immerhin besitzt eine Reihe meist nach dem Lithistiden-Typus gebauter Formen, wie *Astylospongia* (**11**, 8), *Aulocopium* u. a. eine ziemliche Verbreitung.

Den Protozoen und zwar den Foraminiferen gehören, wie bereits oben bemerkt, gewisse im russischen Glauconitsande beobachtete, sowie andere, in England, Nordamerika und besonders Nordsibirien auf-

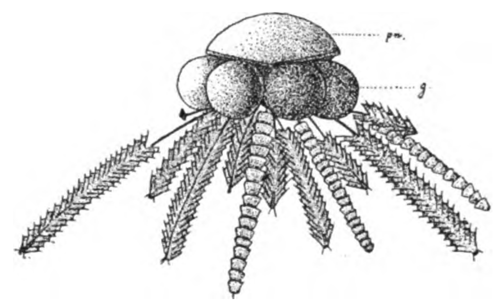


Fig. 21. Graptolithen-(*Diplograptus*-)Colonie nach Rüdemann.
pn Pneumatophor (Schwimmblase). *g* Gonangien (Eikapseln).

gefundene Vorkommen an, während Radiolarien aus dem Silur von Schottland, Sachsen u. s. w. bekannt sind.

Dass Landpflanzen in der Silurzeit bereits vorhanden waren, ist schon oben hervorgehoben worden. Man kennt solche schon länger aus dem nordamerikanischen Untersilur, und in neuerer Zeit hat man sie auch im Obersilur des Harzes, Kellerwaldes und der Dillgegend angetroffen. Nach Potonié, der diese deutschen Funde einer eingehenden Untersuchung unterzogen hat [1]), unterscheidet sich die silurische, wie überhaupt die vorculmische Landflora von der carbonischen besonders durch das Ueberwiegen der Bothrodendraceen.

Auch auf das Vorhandensein mariner Kalkalgen oder Siphoneen (*Girvanella*) im Silur und ihre wichtige Rolle für den Aufbau mancher Kalke, wie des englischen Wenlockkalkes, ist bereits oben hingewiesen worden.

Wirft man einen Rückblick auf vorstehende Mittheilungen, so zeigt sich, dass im Silur schon alle grossen Abtheilungen des Thierreiches entwickelt, und dass besonders die niederen Thiere nach allen Richtungen

[1]) Die Silur- und die Culmflora des Harzes etc. Abh. d. pr. geol. Landesanstalt, 1901.

reich vertreten waren. Bedenkt man ausserdem, dass wir schon weit über 10,000 Species silurischer Thiere kennen, dass allein das kleine Böhmen mehrere Tausend geliefert hat, so wird man zugeben, dass es völlig unbegründet wäre, von einer Armuth der silurischen Fauna zu reden. Sie war sicherlich nicht ärmer als die irgend einer späteren Periode; sie war nur anders entwickelt. Von den höchst organisirten Wesen, den Wirbelthieren, war nur deren tiefst stehende Abtheilung, die Fische, vorhanden, und die verschiedenen Gruppen der niederen Thierwelt des Silurs zeigen gegenseitige Mengenverhältnisse, welche von denen späterer Zeiten mehr oder weniger abweichen.

C. Devonische Formation.

Geschichtliches.

Die Aufstellung des devonischen Systems war, ebenso wie diejenige des Cambrium und Silur, eine Frucht der schon früher (S. 45) erwähnten Untersuchungen, die von Murchison und Sedgwick in den 30er Jahren im westlichen England ausgeführt wurden. Der Name **Devon** wurde von den beiden Forschern zuerst 1839 in einer den älteren Ablagerungen von Devonshire und Cornwall gewidmeten Abhandlung [1]) vorgeschlagen, und zwar für eine mächtige Folge von Grauwacken, Schiefern und Kalken, von deren Versteinerungen Lonsdale schon vorher gezeigt hatte, dass sie eine Mittelstellung zwischen denen des Silurs und des Kohlenkalks einnähmen. Namentlich auf Grund dieser Erkenntniss wurde denn auch schon damals das devonische System, obwohl seine Unterlage im genannten Gebiete nirgends zu Tage tritt, von Murchison und Sedgwick durchaus zutreffend für gleichalterig mit dem im mittleren und nördlichen England entwickelten, zwischen Silur und Kohlenkalk liegenden Old red sandstone erklärt. Noch in demselben Jahre nahm de la Beche auf seiner geologischen Karte von Devonshire und Cornwall den Namen Devon an und schon zwei Jahre später (1841) machte John Phillips in seinen „Figures and descriptions of the palaeozoic fossils of Cornwall, Devon and West-Sommerset“ eine Reihe der wichtigsten Versteinerungen des englischen Devon bekannt. Auf diese Weise ist der Ruhm, die Wiege der Devonformation zu sein, England zugefallen, obwohl diese dort lange nicht so gut entwickelt ist als in manchen anderen Ländern Europas.

Kaum war die englische Eintheilung der paläozoischen Ablagerungen

---

[1]) Transact. Geol. Soc. 2. ser., v. V, S. 688.

in Cambrium, Silur und Devon auf dem Continente bekannt geworden, so wurden auch schon überall Versuche gemacht, die Aequivalente jener Formationen auch hier nachzuweisen. Auch MURCHISON und SEDGWICK selbst nahmen in hervorragender Weise an diesen Bestrebungen theil.

Der erste Gegenstand ihrer Forschungen auf dem europäischen Festlande war das rheinische Schiefergebirge und seine westliche Fortsetzung, die Ardennen — das grösste und bestentwickelte Devongebiet Westeuropas, mit dessen allmählich fortschreitender geologischer Erforschung denn auch die weitere Entwickelung der Kenntniss des Devon bis auf den heutigen Tag innig verknüpft geblieben ist. Schon früher waren in diesem Gebirge einzelne Gliederungsversuche gemacht worden, ohne indess zu Ergebnissen von allgemeinerer Bedeutung zu führen. Dies gilt auch von dem hervorragendsten unter diesen Versuchen, dem des Belgiers ANDRÉ DUMONT, dessen Arbeiten in den Ardennen nur darum nicht die Wichtigkeit der späteren Untersuchungen von MURCHISON und SEDGWICK erlangten, weil sie in allzu einseitig stratigraphischer Weise ausgeführt waren.

Die berühmte, dem rheinischen Schiefergebirge gewidmete Schrift der beiden englischen Forscher erschien bereits 1842 [1]) und war besonders werthvoll durch den von ARCHIAC und VERNEUIL bearbeiteten paläontologischen Anhang. Ein Theil des Taunus und Hunsrück wurde in dieser grundlegenden Abhandlung für cambrisch, die Hauptmasse des Schiefergebirges für silurisch, ein kleiner, die Eifeler Kalkbildungen umfassender Rest für devonisch erklärt, während die Culmbildungen als Aequivalent des Kohlenkalkes angesprochen wurden. Dies letzte war ein Hauptverdienst der Arbeit, während die Gliederung der älteren Schichten noch grosser Aenderungen bedurfte. Diese vorgenommen zu haben, ist das Verdienst des 1844 erschienenen „Rheinischen Uebergangsgebirges“ von FERD. ROEMER, in dem der Verfasser zeigte, dass die Hauptmasse des Schiefergebirges nach seinen Versteinerungen nicht dem englischen Silur, sondern dem Devon gleichzustellen sei. Der Kalk der Eifel wurde hier bereits als ein jüngeres Devon von der „älteren (unterdevonischen) rheinischen Grauwacke“ getrennt, das Oberdevon aber noch nicht. Die Abscheidung dieses letzten ist vielmehr das Werk v. DECHEN's [2]) sowie der Brüder SANDBERGER, welche durch ihre grosse Monographie „Die Versteinerungen des rheinischen Schichtensystems in Nassau“ [3]) wesentlich zur Begründung der jetzt allgemein angenommenen Dreitheilung der Devonformation beigetragen haben.

[1]) Transact. Geol. Soc. 2. ser., v. VI, S. 222.

[2]) Besonders in seiner Monographie des Reg.-Bez. Arnsberg: Verh. naturh. Ver. Rheinl.-Westf., 1855.

[3]) Wiesbaden 1850—56.

Unter den späteren Arbeiten sind für die Kenntnisse des Devon namentlich die in engem Anschluss an die älteren Untersuchungen DUMONT's ausgeführten Studien von J. GOSSELET in den Ardennen wichtig geworden [1]), die unter Anderem die weite Verbreitung des zuerst durch FRIEDR. ADOLPH RÖMER im Harz ausgeschiedenen, oberdevonischen Iberger Kalkes kennen lehrten. Eine auf die Vertheilung der Versteinerungen gegründete Detailgliederung des rheinischen Devon strebten die Forschungen E. KAYSER's [2]) an. Von besonderer Wichtigkeit aber sind für die Weiterentwickelung der Kenntniss des rheinischen Devons die Arbeiten der preussischen geologischen Landesanstalt geworden, an denen sich ausser dem eben Genannten namentlich C. KOCH, E. HOLZAPFEL, AUG. DENCKMANN und L. BEUSHAUSEN betheiligt haben.

Von anderen jüngeren Forschern hat sich besonders noch FR. FRECH um die Erforschung des Devons am Rhein, in den Alpen und anderweitig verdient gemacht, während die Kenntniss des französischen und spanischen Devons in erster Linie durch CHARLES BARROIS und D. OEHLERT, die des russischen durch TH. TSCHERNYSCHEW, die des nordamerikanischen durch H. S. WILLIAMS und JOHN CLARKE gefördert worden ist.

Verbreitung und Entwickelung der devonischen Formation.

Die Bedeutung, die das **Rheinische Schiefergebirge** durch seine Ausdehnung sowie die Vollständigkeit und Mannigfaltigkeit und den Versteinerungsreichthum der devonischen Schichten für die Kenntniss der Devonformation überhaupt gewonnen hat, lässt es zweckmässig erscheinen, mit der Besprechung dieses Gebietes zu beginnen.

Das ganze, sich von der Eder und Diemel bis über die Maas hinaus erstreckende, im Allgemeinen plateauartig gestaltete Bergland ist aus mehr oder weniger stark zusammengepressten, ungefähr von Südwesten nach Nordosten streichenden Schichten aufgebaut, die namentlich im südlichen Theile des Gebietes auf weite Erstreckung ein System überkippter, unter mehr oder weniger grossem Winkel nach Südost einfallender Falten darstellen. Alle diese Falten bestehen in der Hauptsache aus devonischen, in ihrer Gesammtheit vielleicht an 5000 m mächtigen Gesteinen, denen sich stellenweise noch untercarbonische Schichten zugesellen. Ablagerungen silurischen Alters treten nur in der Nähe des Ostrandes des Gebirges, zwischen dem Kellerwald und Westerwald auf (vergl. S. 93), während das Vorkommen cambrischer Gebilde auf einige wenige dis-

[1]) Mém. sur les terrains primaires de la Belgique, 1860. — L'Ardenne 1887.
[2]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1870, 1872 etc.

cordant aus dem Devon herausragende inselförmige Kerne im Nordwesten des Gebirges beschränkt ist. Auf deutschem Gebiete gehört dazu nur das Hohe Venn bei Aachen, auf französisch-belgischem insbesondere das sogen. Massiv von Rocroi unterhalb Mezières an der Maas. Es erscheint indess nicht ausgeschlossen, dass auch der tiefere Theil des langen, schmalen Zuges halbkrystalliner Schiefer, die den äussersten Südrand des Hunsrück und Taunus zusammensetzen, aus metamorphen vordevonischen Gesteinen (Silur, Cambrium oder noch älteren Gebilden) besteht.

Unterdevon. Dieses stellt eine am Rhein mindestens 3000 m mächtige[1]), sandig-thonige, aber fast ganz kalkfreie Schichtenfolge dar. Auch die Versteinerungen kommen fast immer ohne ihre ursprüngliche Kalkschale, als blosse Steinkerne oder Abdrücke vor. Sie sind im Allgemeinen sparsam und treten nur in einzelnen Lagen auf, die oft durch mächtige, so gut wie versteinerungsleere Gesteinszonen getrennt sind.

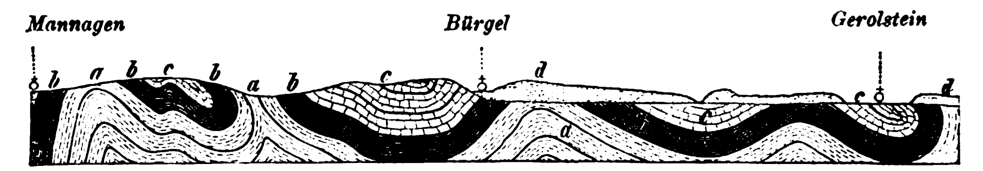


Fig. 22. Profil durch einen Theil des Schiefergebirges der Eifel. Nach Baur.

a Aelteres Unterdevon. *b* Jüngeres Unterdevon. *c* Mitteldevon. *d* Bunter Sandstein.

Die Fauna besteht überwiegend aus Brachiopoden. Neben diesen sind nur noch Pelecypoden, Crinoiden und einige Trilobiten und Gastropoden häufig, während Cephalopoden und Korallen sehr zurücktreten. Einige Species, wie *Chonetes sarcinulata* und *plebeja* (**14**, 8), *Rhynchonella daleidensis*, *Pterinea costata*, *Pleurodictyum problematicum* (**12**, 2) u. a. m., gehen durch die ganze oder fast die ganze Schichtenfolge hindurch, während andere eine beschränktere Verbreitung haben. Im Allgemeinen weist die Zusammensetzung der Fauna auf ein seichtes Meer hin, für welches auch die in den verschiedensten Horizonten anzutreffenden Wellenfurchen sprechen. Die Gliederung des rheinischen Unterdevon ist im Wesentlichen den Arbeiten der preussischen geologischen Landesanstalt, namentlich denen C. Koch's und E. Kayser's[2]) zu verdanken.

[1]) Die Mächtigkeit derselben Schichten in dem unvergleichlich schönen Maasprofile in den französischen Ardennen wird von Gosselet auf etwa 7 km veranschlagt.

[2]) Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1881, S. 190; ebend. f. 1884, S. LII. Vergl. auch Frech, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1889, S. 175. — E. Holzapfel, Das Rheinthal von Bingerbrück bis Lahnstein. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1893.

Das tiefste, unmittelbar auf cambrischen Gesteinen aufruhende Glied des Unterdevon besteht in den Ardennen, am Hohen Venn und am Südrande des Gebirges bei Homburg v. d. H., Wiesbaden u. s. w. aus den Gedinne-Schichten oder dem Gedinnien. Im Maasgebiete mit groben Conglomeraten beginnend, setzt sich diese Stufe auf deutschem Boden aus bunten sericitischen Schiefern, Sandsteinen und Arcosen zusammen, die bei Mondrepuits (im Westen der Maas), bei Arimont (unweit Malmedy) u. a. P. eine kleine Fauna geliefert haben, als deren Leitform man *Spirifer Mercurii* Goss. betrachtet.

Ueber diesen tiefsten Schichten des Devon lagert in Belgien, am Venn und besonders im Taunus und Hunsrück der Taunusquarzit. Diese ganz überwiegend aus weissen Quarziten mit darin eingelagerten Thonschiefern zusammengesetzte Stufe enthält nur an wenigen Punkten eine etwas reichere Fauna. Als leitende Arten seien *Spirifer primaevus* (**12**, 5) und *hystericus* (= *micropterus*), *Rensselaeria crassicosta* und *strigiceps* (**12**, 3 und 4) und *Kochia capuliformis* (**12**, 7) genannt.

Ueber dem Taunusquarzit folgt der Hunsrückschiefer, eine mächtige Folge dunkelfarbiger, zahlreiche Dachschieferlager einschliessender Thonschiefer. Diese Schiefer setzen namentlich die einförmigen Plateaus des Hunsrück und Taunus zusammen, kehren aber in charakteristischer Ausbildung auch am Venn und in den Ardennen wieder. Indess werden sie hier meist durch die Grauwacke von Montigny vertreten. Die Fauna des Hunsrückschiefers (Hauptfundorte Bundenbach und Gemünden im Hunsrück, Caub am Rhein, Alles am Semois) besteht abweichend von der des übrigen Unterdevon besonders aus Trilobiten (*Phacops Ferdinandi, Homalonotus ornatus* u. a., *Cryphaeus, Dalmanites* [*Odontochile*]), Panzerfischen, grossen dünnschaligen Zweischalern (sogen. Paläoconchen), Cephalopoden (*Orthoceras, Cyrtoceras, Aphyllites*), Crinoiden (*Acanthocrinus* etc.) und prächtig erhaltenen Asterien, während Brachiopoden fast ganz fehlen. Offenbar stellen diese Schichten mehr pelagische Bildungen dar.

Im Siegerlande und den benachbarten Theilen des Westerwaldes, an der Sieg, im Rheinthal unterhalb Andernach, im Ahrthal, einem Theil der Eifel und Belgiens sind Taunusquarzit und Hunsrückschiefer nicht als solche entwickelt, sondern werden dort durch die Siegener Schichten vertreten, einen mächtigen Complex von Grauwacken und Thon- (seltener Dach-) Schiefern, deren Fauna — besonders Brachiopoden (*Spirifer primaevus, hystericus, Bischofi* etc., *Rensselaeria crassicosta* und *strigiceps, Strophomena Sedgwicki* (**12**, 6) und *Murchisoni* u. a.), daneben zahlreiche Zweischaler, Schnecken, Trilobiten (*Homalonotus ornatus*), Crinoiden (*Ctenocrinus typus* [**12**, 1]) u. s. w. — wesentlich mit

derjenigen der beiden eben genannten Stufen, insbesondere des Taunusquarzits, übereinstimmt.

Die nun folgende obere Hälfte des rheinischen Unterdevon wird von den Coblenzschichten H. v. Dechen's und der preussischen Landesanstalt oder dem Spiriferensandstein der Brüder Sandberger gebildet.

An ihrer Basis, unweit der Grenze gegen den Hunsrückschiefer, tritt an mehreren Punkten, besonders bei Singhofen unweit Nassau, der sogen. Avicula- oder Limoptera-Schiefer auf. Es ist ein in sericitischen Schiefer umgewandelter Porphyrtuff (Porphyroid), der eine interessante, durch *Homalonotus ornatus, Rensselaeria strigiceps, Kochia capuliformis, Limoptera bifida, Palaeosolen costatus,* und andere Zweischaler gekennzeichnete, als Seltenheit auch *Spirifer Hercyniae* einschliessende Fauna aufweist.

In der Rheingegend lassen sich die Coblenzschichten in folgende drei Unterabtheilungen gliedern:

1. Untere Coblenzschichten, vorwiegend aus rauhen Grauwacken bestehend, die als Leitversteinerungen *Tropidoleptus carinatus* Conr., *var. rhenana* (**13**, 1), *Spirifer Hercyniae* Gieb. (**13**, 2), *Orthis circularis, Homalonotus armatus* u. *rhenanus* (**13**, 3), *Limoptera semiradiata, Gosseletia carinata* u. a. m. einschliessen. Häufig sind auch *Spirifer arduennensis* (**14**, 3), *Athyris undata* (**14**, 2), *Strophomena explanata* u. *Murchisoni*, *Avicula crenato-lamellosa, Pleurodictyum problematicum* (**12**, 2) u. a. Eine Hauptfundstelle ist Ober-Stadtfeld in der Eifel [1]).

2. Der Coblenzquarzit, ein weisser, plattiger Quarzit, der namentlich in der Umgebung von Coblenz, aber auch an der unteren Lahn und Mosel, im Westerwald, in der Eifel und im Luxemburg'schen verbreitet ist. Seine Fauna schliesst sich näher an die der oberen als der unteren Coblenzschichten an. In den Ardennen treten statt seiner rothe Sandsteine, Schiefer und Conglomerate, die Schichten von Burnot auf.

3. Die oberen Coblenzschichten bestehen aus weichen Grauwackenschiefern, die vielfach (Coblenz, Ems, Daleiden i. d. Eifel u. s. w.) eine sehr reiche Fauna einschliessen. Besonders bezeichnende Arten sind *Spirifer auriculatus, paradoxus = macropterus* (**14**, 1), *curvatus* u. *arduennensis* (**14**, 3), *Orthis hysterita* (**13**, 8), *Orthothetes umbraculum* (**16**, 10), *Chonetes dilatata, Strophomena explanata, Pterinaea costata* (**14**, 7), *lineata* (**13**, 7) u. *laevis*, *Gosseletia trigona, Ctenocrinus decadactylus. Cryphaeus laciniatus* (**14**, 5) und *Lethaeae* (**14**, 6), *Homalonotus laevicauda* u. v. a. An der oberen Grenze gehen diese Schichten vielfach (alte Papiermühle bei Haiger, Mündung des Ruppachthales bei Diez u. s. w.) in Schiefer über, die neben überwiegenden unterdevonischen Arten

[1]) Drevermann, Paläontogr. Bd. XLIX, 73.



bereits eine Reihe mitteldevonischer Formen [*Spirifer speciosus* (**16**, 2), *elegans* u. *aculeatus*, *Orthis striatula* (**16**, 9) u. *eifeliensis*, *Strophomena lepis* u. s. w.] einschliessen. *Atrypa reticularis* (**10**, 4) und *Cyrtina heteroclita* (**16**, 11) pflegen in diesem Niveau in grosser Menge aufzutreten. In der Eifel wird der nämliche Horizont durch kalkig-sandige, von oolithischen Rotheisensteinen begleitete Gesteine vertreten, die das unmittelbar Liegende des Eifeler Kalkes bilden und eine ähnliche Mengung von Unter- und Mitteldevonarten — darunter auch *Calceola sandalina* (**18**, 6) — beherbergen.

Alle genannten Horizonte lassen sich in wesentlich unveränderter Ausbildung durch das ganze Gebirge hindurch verfolgen. Nur an dessen äusserstem Ostrande, im Kellerwalde (Erbsloch bei Densberg) [1]) und in der Marburger Gegend (Hermershausen) treffen wir das Unterdevon in abweichender, kalkiger Entwickelung in der weiter unten eingehender zu besprechenden sogen. hercynischen Facies. In inniger Verbindung mit dem Silur treten hier conglomeratische kalkige Grauwacken auf, die bezeichnende Arten des Harzer und böhmischen Hercyn (*Spirifer Decheni* u. *togatus*, *Rhynchonella princeps*, *Strophomena Bouéi*, *Phacops fecundus*, *Dalmanites* etc.) neben Arten des normalen rheinischen Unterdevon (*Spirifer Hercyniae*, *Chonetes sarcinulata* u. *dilatata*, *Rhynch. daleidensis* etc.) einschliessen. Die genaueren stratigraphischen Beziehungen dieser interessanten Vorkommen zu den benachbarten, normal entwickelten Unterdevonschichten sind noch nicht aufgeklärt.

Die nachstehende Tabelle veranschaulicht die Gliederung des Unterdevon im rheinischen Schiefergebirge und den Ardennen und die Benennungen der wichtigsten Stufen in Deutschland, Belgien und Frankreich.

Mitteldevon. Im Gegensatz zum Unterdevon hat das rheinische Mitteldevon in einem grossen Theile seiner Verbreitung eine kalkige Zusammensetzung; indess besteht es in einigen Gebietstheilen ganz oder theilweise aus schiefrigen oder sandigen Gesteinen. Ueberhaupt muss hervorgehoben werden, dass abweichend von der wesentlich gleichförmigen Entwickelung des Unterdevon im Mitteldevon Faciesunterschiede eine sehr erhebliche Rolle spielen.

In der Eifel [2]), wo das Mitteldevon über dem Unterdevon eine Reihe südwestlich bis nordöstlich streichender Mulden bildet (Fig. 22), und ebenso in Belgien, besteht der untere Theil der Schichtenfolge aus mergeligen Kalken und Schiefern, den *Calceola*-Schichten, die jene Fülle trefflich erhaltener Versteinerungen einschliessen, durch die die

[1]) Denckmann, Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1896, S. 156.

[2]) Kayser, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1871, S. 289. — Frech, Paläont. Abh. von Dames u. Kayser, Bd. III, Heft 3, 1886.



	Ardennen	Rheinland-Westfalen, Hessen-Nassau, Waldeck		
		Normale Entwickelung		Hercynische Entwickelung
Coblenzien	Grauwacke de Hierges	Ober-Coblenz-Schichten	Hangende Schiefer mit *Spir. speciosus* und *paradoxus* — Rotheisenstein — Horiz. d. Eifel Grauwackenschiefer mit *Spir. paradoxus* und *auriculatus*	
	Schistes et grès de Burnot — Quarzite de Bierlé	Coblenz-Quarzit		
	Grauwacke de Vireux	Unter-Coblenz-Schichten	Grauwackensandsteine und -schiefer mit *Spirifer Hercyniae* und *Tropidoleptus carinatus*	
	Grauwacke de Montigny	Hunsrückschiefer	Siegener Schichten mit *Spir. primaevus* und *Rensselaeria crassicosta*	? Kalkige Schichten mit *Spirifer Decheni*, *togatus* und *Hercyniae*, *Phacops fecundus* etc.
	Grès d'Anor	Taunusquarzit		
Gedinnien	Schiefer und Phyllite mit Quarziten, Arcosen, Conglomerate.	Gedinne-Schichten mit *Spirifer Mercurii*		

Eifel so berühmt geworden ist. Neben Brachiopoden — von denen hier nur *Atrypa reticularis, Athyris concentrica* (**16**, 5), *Merista plebeja, Spirifer speciosus* (**16**, 2), *elegans, subcuspidatus, curvatus, ostiolatus* (**16**, 1), *Cyrtina heteroclita* (**16**, 11), *Retzia ferita, Pentamerus galeatus* (**16**, 7), *Rhynchonella parallelepipeda, Orthis striatula* (**16**, 9) und *eifeliensis, Orthothetes umbraculum* (**16**, 10) genannt seien — sind besonders Korallen, *Calceola sandalina* (**18**, 6), *Cyathophyllum ceratites* und *heliantoides, Cystiphyllum vesiculosum* (**18**, 4), *Heliolites porosa* (**18**, 7), *Alveolites suborbicularis*, mehrere Arten von *Favosites* etc. und Stromatoporen häufig. Ein sehr gemeiner Trilobit ist in diesem Niveau *Phacops Schlotheimi* (**17**, 1). Die tiefste Zone der *Calceola*-Schichten, die sogen. *Cultrijugatus*-Schichten, sind noch besonders ausgezeichnet durch das Auftreten des grossen *Spirifer cultrijugatus* (**16**, 3), einer Mutation des unterdevonischen *Sp. auriculatus*, durch *Rhynchonella Orbignyana, Orthis subcordiformis, Orthoceras (Jovellania) triangulare* (**20**, 1) u. a.

Die obere Abtheilung des Mitteldevon beginnt in der Eifel mit der Crinoiden-Zone, die oft fast ausschliesslich aus Crinoidentrümmern gebildet, alle die schönen Crinoidenkelche des Eifeler Kalks (*Cupressocrinus* [**17**, 4], *Poteriocrinus, Melocrinus, Rhodocrinus* [**18**, 1] etc.) liefert. Darüber liegt eine mächtige Folge von reinen, dickbankigen oder auch massig werdenden Kalken und Dolomiten, die nach dem Hauptleitfossil *Stringocephalus Burtini* (**16**, 8) so benannten Stringocephalen-Schichten. Sie stellen im Wesentlichen Riffkalke dar, an deren Aufbau ausser zahlreichen Korallen (*Favosites cristata* u. a., *Cyathophyllum quadrigeminum, hexagonum* u. a., Arten von *Endophyllum, Actinocystis* etc.) hauptsächlich Stromatoporiden (*Stromatopora, Actinostroma* u. a.) betheiligt sind. Ausser dem genannten Hauptleitfossil sind besonders charakteristisch *Uncites gryphus* (**16**, 4), *Macrochilina subcostata = arculata* (**17**, 6), *Pleurotomaria delphinuloides* (**17**, 5), *Murchisonia coronata, bigranulosa, bilineata* u. a. (**17**, 7), *Megalodus cucullatus* (**17**, 2), *Spirifer mediotextus, undifer* und *Maureri, Atrypa flabellata* u. a. Von Cephalopoden sind ausser verschiedenen grossen Arten von *Gyroceras* (*nodosum* [**17**, 8]), *Cyrtoceras* und *Gomphoceras* besonders einige Goniatiten wichtig; so von Allen das weitverbreitete *Maeneceras terebratum* (**17**, 3), nach welchem E. Holzapfel, dem wir eine schöne Monographie des oberen Mitteldevon im rheinischen Gebirge verdanken[1]), die fraglichen Schichten als die des *String. Burtini* und *Maen. terebratum* bezeichnet hat.

Calceola sandalina geht aus dem älteren Mitteldevon ungefähr bis ins Centrum der Stringocephalen-Schichten hinauf. Der obere Theil

---

[1]) Abh d. preuss. geol. Landesanst. 1895.

dieser Schichten ist durch das Auftreten der oben genannten Species von *Macrochilina, Murchisonia* und *Megalodus,* durch *Turbonitella subcostata,* die Stromatoporide *Amphipora ramosa* und insbesondere einige Goniatiten (*Anarcestes cancellatus, Tornoceras simplex* [**20**, 6], *Aphyllites inconstans* u. a.) gekennzeichnet. Es sind das die nach einem altberühmten, (unweit Köln liegenden) Fundorte so benannten Paffrather Schichten. Im Gegensatz zu den auf die Eifel und Belgien beschränkten Calceola-Schichten hat das jüngere Mitteldevon eine weite Verbreitung. Denn auch bei Aachen, bei Elberfeld, bei Brilon, im südlichen Westfalen (Finnentrop) sowie in der Lahngegend und am äussersten Südrande des Schiefergebirges (Bingerbrück, Stromberg, Nauheim, Butzbach u. s. w.) sind Stringocephalen-Kalke entwickelt. An der Lahn wie auch in Westfalen sind diese Kalke im Contact mit Diabasen oder Schalsteinen gewöhnlich in Rotheisensteine umgewandelt. Gerade diese Eisensteine gehören, ebenso wie die Kalke von Aachen, Paffrath, Schwelm, Finnentrop und Vilmar a. d. Lahn, dem oberen Niveau der Stringocephalen-Schichten an. Dagegen stellt ein anderes bekanntes versteinerungsreiches Vorkommen der Lahngegend, der Kalk und Eisenstein der Grube Haina unweit Wetzlar, ein Aequivalent der Eifeler Crinoiden-Zone dar.

Besondere Erwähnung verdienen endlich noch die Stringocephalen-Kalke von Kleinlinden bei Giessen und Greifenthal unweit Herborn wegen des massenhaften Vorkommens des grossen, feinrippigen *Pentamerus rhenanus* F. Roem. (= *hassiacus*). Aus verkieselten Kalkblöcken kennt man diese Art schon lange von Greifenstein im Wetzlar'schen.

Eine von der besprochenen rein kalkigen sehr abweichende Entwickelung des Mitteldevon trifft man im südlichen Westfalen, in der Lennegegend. Sowohl die *Calceola*- als auch ein Theil der Stringocephalen-Schichten sind hier durch sandig-thonige, ganz dem Spiriferensandstein ähnliche Gesteine vertreten, die aber, wie schon F. Römer nachwies, mitteldevonische Versteinerungen führen. v. Dechen nannte diese nicht selten etwas kalkig werdenden oder auch reinere Kalkeinlagerungen enthaltenden Gesteine Lenneschiefer. Man trennt sie in den älteren Lenneschiefer mit der Fauna der Eifeler Calceola-Schichten (*Calceola sandalina, Spirifer speciosus* und *ostiolatus* etc.) und den jüngeren, der unmittelbar unter oberem Stringocephalen- oder Massen-Kalk liegend, Versteinerungen des oberen Mitteldevon enthält. Dass diese Gesteine Absätze der Flachsee sind, kann keinem Zweifel unterliegen. Die in der Elberfelder Gegend zusammen mit Landpflanzen vorkommende *Amnigenia (rhenana),* ein Anodonta-ähnlicher, auch in Brack- oder Süsswasserschichten gleichen Alters in Amerika sowie im irischen Old Red vor-

kommender Zweischaler, scheint geradezu auf die Nähe einer Küste hinzuweisen.

Wirkliche Küstenbildungen mitteldevonischen Alters scheinen im Bereiche des rheinischen Schiefergebirges nur in der Gegend von Aachen vorzukommen, wo am Rande des Venn unter dem Stringocephalen-Kalk rothe conglomeratische Sandsteine und Schiefer liegen. Ob diese Schichten nur den unteren Theil der Stringocephalen-Schichten oder ausserdem auch die Calceola-Schichten vertreten, ist um so schwieriger zu entscheiden, als sie fossilfrei und durch keinerlei Discordanz vom unterliegenden, ebenfalls grösstentheils aus rothen Schiefern und Sandsteinen bestehenden Unterdevon getrennt sind. Aehnliche rothe Gesteine setzen auch ins Belgische fort und führen hier im Gebiete der Vesdre (bei Pépinster) und anderwärts *Stringocephalus* und *Uncites*.

In noch anderer Weise ist das Mitteldevon im Dill- und Lahngebiete, im hessischen Hinterlande, in der Gegend von Wildungen, sowie an der Mosel (bei Olkenbach) und bei Bingen (Stromberg) entwickelt, nämlich in Form von dunklen Thon- und Dachschiefern mit darin eingelagerten Kalken und Quarziten, Wetz- und Kieselschiefern. Diese Schiefer enthalten ausser kleinen Styliolinen- und Tentaculiten-Schälchen, die die Schichtflächen oft zu Tausenden bedecken (daher Tentaculiten-Schiefer [R. Ludwig]), nur eine spärliche, besonders aus Cephalopoden, Paläoconchen, becherförmigen Einzelkorallen und Trilobiten zusammengesetzte Fauna. Vielfach, wie besonders bei Wissenbach unweit Dillenburg und im Ruppachthale bei Diez, sind die Versteinerungen verkiest, und dann pflegt man diese Schiefer als Wissenbacher oder *Orthoceras*-Schiefer (Sandberger) zu bezeichnen.

Bei Wissenbach und im Ruppachthale lassen sich in dem fraglichen Schiefer zwei verschiedene Faunen unterscheiden[1]: 1. eine ältere mit *Anarcestes lateseptatus* (**19**, 2) und *subnautilinus, Mimoceras gracile = compresum, Hercoceras subtuberculatum* (**19**, 1), *Jovellania (Orthoceras) triangularis* (**20**, 1) u. s. w., und 2. eine jüngere mit *Aphyllites occultus* (**19**, 3), *Anarcestes vittatus, Pinacites Jugleri* (**19**, 4), *Orthoceras rapiforme, Bactrites carinatus* etc.

Bei Wildungen, bei Günterod und Bicken (zwischen Marburg und Herborn) u. a. a. P. sind diese beiden Faunen an dunkle Kalke gebunden. Der älteren Wissenbacher Stufe entspricht hier der Ballersbacher Kalk, der jüngeren der Günteroder Kalk. Die Cephalopoden beider Kalke sind genau dieselben wie die des älteren bezw. des jüngeren Orthoceras-Schiefers; ausserdem aber treten in den Kalken noch viele Trilobiten, Brachiopoden und andere Fossilien auf, die auch im böhmi-

[1] Kayser, Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1883, S. 1.

schen Devon vorkommen. So im Ballersbacher Kalk *Bronteus Dormitzeri* BARR. (19, 7), *Phacops fecundus* BARR., *Rhynch. nympha* var. *pseudo-livonica*, B., *Strophomena Sowerbyi* B. etc.; im Günteroder Kalk dagegen *Phacops fecundus* und *breviceps* B., *Bronteus speciosus* CORDA = *thysanopeltis* BARR. (19, 6), *Proetus orbitatus* und *planicauda* B., *Arethusina Beyrichi* NOV., *Acidaspis pigra* B., *Cyphaspis hydrocephala* A. ROE., *Lichas Haueri* B., *Spirifer indifferens* und *Thetidis* B. etc.

Dem Ballersbacher Kalk muss im Alter noch ein weiterer nahestehen, nämlich der bekannte bunte Crinoiden-Kalk von Greifenstein (im Wetzlar'schen unweit Herborn). Seine hauptsächlich aus Trilobiten und Brachiopoden bestehende Fauna umfasst mindestens 80 Arten, unter denen mehr als die Hälfte mit dem böhmischen Mnenian-Kalk gemeinsam sind. Als Hauptleitfossil gilt *Aphyllites fidelis* BARR. Von anderen Cephalopoden sind für die Horizontirung wichtig: *Mimoceras gracile*, *Hercoceras subtuberculatum* (19, 1), *Pinacites Jugleri* (19, 4); von Trilobiten *Proetus orbitatus, eremita* und *planicauda* BARR., *Phacops fecundus major, Cyphaspis hydrocephala, Lichas Haueri, Bronteus speciosus* (19, 6) und *Dormitzeri* (19, 7) und manche andere, mit dem Ballersbacher und besonders dem Günteroder Kalk gemeinsame Art. Unter den Brachiopoden endlich sind *Spirifer indifferens, Merista securis. Athyris Thetis, Leptaena tenuissima* und andere, auch in Böhmen vorkommende Species besonders häufig.

Während die drei genannten Kalke der unteren Abtheilung des Mitteldevon angehören, fällt ein vierter, der Odershäuser Kalk, dem oberen Mitteldevon zu. Der zuerst an der „Ense" bei Wildungen ausgeschiedene, aber auch im Dillgebiet und im südlichen Westfalen nachgewiesene tiefschwarze Knollenkalk enthält nämlich ausser *Posidonia hians, Buchiola aquarum, Tornoceras circumflexiferum* etc. eine Hauptleitform des rheinischen Stringocephalen-Kalks: *Maeneceras terebratum* (17, 3).

Ueber dem Odershäuser Kalk folgen an der Ense noch etwa 15 m weiterer hellfarbiger Knollen- und Plattenkalke mit *Aphyllites discoides* und *Stringocephalus Burtini*, die unmittelbar von Oberdevon bedeckt, den oberen Stringocephalen-Schichten entsprechen. Einige in diesem Kalk auftretende, ganz mit der kleinen *Terebratula pumilio* A. ROEM. und anderen Brachiopoden erfüllte Bänkchen kehren in gleicher Weise in der Dillgegend und im Oberharz wieder und bezeichnen auch hier einen sehr hohen Horizont der Stringocephalen-Schichten.

Alle genannten Kalke bilden theils (wie an der Ense und bei Bicken) geschlossene Bänke, theils nur beschränkte, linsenförmige Massen oder auch nur kopf- bis faustgrosse den Schiefern eingelagerte Knollen, die aber die gleiche Fauna enthalten wie die geschlossenen

Bänke. Offenbar stellen diese Kalke sammt den sie begleitenden Schiefern gegenüber den früher besprochenen Flachmeerbildungen des Eifelkalks und der Lenneschiefer die pelagische Facies des Mitteldevon dar. Damit hängt ihre geringe Mächtigkeit zusammen — den 16 m Stringocephalen-Kalks an der Ense entsprechen anderwärts einige hundert Meter Schalstein und Massenkalk —, damit aber auch ihre weite Verbreitung. Einige dieser Kalkniveaus haben sich nämlich weit über die Grenzen des rheinischen Gebirges hinaus verfolgen lassen und sind dadurch für die Horizontirung des Mitteldevon von grosser Bedeutung geworden[1]).

Ein interessantes Bindeglied zwischen der Facies des Tentaculiten-Schiefers und der Eifeler Calceola-Schichten bilden die Schiefer von Leun unterhalb Wetzlar. Das örtlich kalkige, ausgelaugte, gelbe Ge-

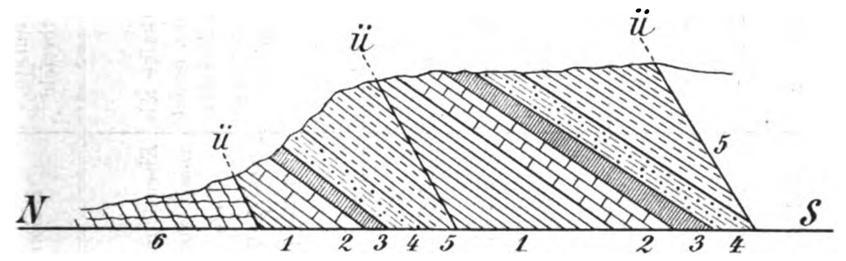


Fig. 23. Profil am Nordabhang der „Ense“ bei Wildungen.
1 Tentaculiten-Schiefer des unteren Mitteldevon. *2* Günteroder Kalk. *3* Odershäuser Kalk. *4* Oberer Stringoc.-Kalk mit *Pumilio*-Bänkchen. *5* Oberdevon. *6* Posidonien-Schiefer des Culm. *ü* Ueberschiebung.

stein enthält nämlich ausser den gewöhnlichen Styliolinen, Cephalopoden, Trilobiten u. s. w. der Tentaculiten- und Orthoceras-Schiefer (*Pinacites Jugleri, Hercoceras subtuberculatum, Bronteus Dormitzeri* u. a.), sowie sonstigen Arten des böhmischen und spanischen Devon noch eine Menge bezeichnender Arten der Calceola-Mergel, wie *Orthis striatula* und *eifeliensis, Retzia ferita, Rhynchonella Orbignyana* und *parallelepipeda, Davidsonia Verneuili, Calceola sandalina* (18, 6) etc.

Eine letzte, eruptive Facies des Mitteldevon findet sich an der Lahn und Dill sowie in einigen Theilen des Sauerlandes und Waldecks. Neben den Massenkalken, Lenne- oder Tentaculiten-Schiefern treten hier nämlich lagerförmige Diabase und Tuffe (Schalsteine) auf. Diese letzten, nicht selten versteinerungsführenden Gesteine werden zum Unterschiede von ähnlichen Gesteinen des Oberdevon als „ältere“ Schalsteine bezeichnet.

Nach dem Vorangegangenen lässt sich die Entwickelung des rheinischen Mitteldevon in verschiedenen Theilen des Gebirges tabellarisch folgendermaassen darstellen:

---

[1]) Kayser u. Holzapfel, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1894, S. 479, u. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1893, S. 236, 1895.

Belgien	Aachen	Eifel	Paffrath, Elberfeld	Brilon	Lahnmulde	Dillmulde	Wildungen	
Calcaire de Givet	Kalke mit *Stringocephalus*, *Murchisonia* u. s w.	Kalke und Dolomite mit *Stringocephalus*	Riffkalke mit *Anarc. cancellat.*, *Murchis.*, *Uncites*, *Stringocephalus* u. s. w.	Eisensteine mit *Anarc. cancellat.* etc. Plattenkalke von Padberg	Hauptmassenkalk, oft, z. Th. oder ganz vertreten durch Schiefer — Eisensteine	Thonschiefer, örtlich mit *Pumilio*-Kalk	Unmächtige helle Knollen- und Plattenkalke m. *Stringoc.* und *Aphylites discoides*	Obere Stringoc.-Schichten m. *Anarcestes cancellatus*
	Rothe conglomerate Sandsteine und Schiefer	Kalke mit *Stringoceph.* Crinoiden-Zone	Obere Lenne-Schiefer	Schalsteine und Diabase	Aelterer Schalstein, Diabas und Kalk (Haina)	Thonschiefer, örtlich mit Odersh. Kalk	Odershäuser Kalk mit *Posidonia hians* u. *Tornoc. circumflexif.*	Untere Stringoc.-Schichten m. *Posidonia hians*
Schistes à Calcéoles		*Calceola*-Mergel und -Kalke *Cultrijugatus*-Stufe	Untere Lenne-Schiefer	Untere Lenne-Schiefer	Thonschiefer mit Günteröder, ? Greifensteiner, Ballersbacher Kalk	Thonschiefer m. Günteröder, ? Greifensteiner, Ballersbacher Kalk	Günteröder Kalk, Thonschiefer	Unteres Mittel-Devon

Im **Oberdevon** spielen in der Rheingegend wie auch anderwärts Faciesunterschiede womöglich eine noch grössere Rolle als im Mitteldevon. Auch hier treten neben Riffkalken, Brachiopoden-Mergeln, Sandsteinen und Schalsteinen der Flachsee Schiefer und Knollenkalke des tieferen Meeres mit Cephalopoden und Paläoconchen auf. An diese letzten, auf grosse Entfernung wesentlich unverändert bleibenden pelagischen Faunen hat die stratigraphisch-paläontologische Eintheilung der im Einzelnen überaus mannigfaltigen Oberdevonbildungen in erster Linie anzuknüpfen; und so hat sich denn auch die schon vor langer Zeit[1]) versuchte Zerlegung des Oberdevon in zwei Hauptabtheilungen, eine untere oder Tiefstufe mit *Manticoceras intumescens* (**21**, 1) und anderen Goniatiten, die *Intumescens*-Stufe, und eine obere oder Hochstufe mit Clymenien und besonderen, von denen der Tiefstufe fast durchgängig verschiedenen Goniatiten, die Clymenien-Stufe, bis auf den heutigen Tag bewährt. Leider verringert sich der Werth dieser Eintheilung dadurch etwas, dass die cephalopodenführenden Kalke keineswegs überall vorhanden sind. Sie sind zwar im Ganzen beständiger als die ähnlichen Kalke des Mitteldevon; immerhin stellen auch sie in der Regel Bildungen von beschränkter Verbreitung dar. Mitunter beobachtet man sie sogar nur an wenigen, weit von einander getrennten Punkten, während dazwischen nur anders geartete (heterope) Sedimente entwickelt sind.

Der *Intumescens*-Stufe entspricht das Frasnien der belgischen und französischen Geologen, der Clymenien-Stufe das Famennien.

Das ältere Oberdevon beginnt in der Eifel über dem Stringocephalen-Kalk mit dolomitischen Mergeln, die *Liorhynchus formosus, Spirifer Verneuili* (**20**, 5), *Rhynchon. cuboides* (**20**, 3), *Tornoceras simplex* (**20**, 6), *Mantic. intumescens* (**21**, 1) etc. führen. Darüber folgt eine ansehnliche Serie von plattigen Mergelkalken, die bei Büdesheim in der Prümer Kalkmulde nach oben ganz allmählich in die Büdesheimer Goniatiten-Schiefer übergehen: dunkle Mergelschiefer mit kleinen verkiesten Goniatiten (*Mantic. intumescens var., Tornoc. simplex* und *paucistriatum = auris*, *Bactrites gracilis* [**21**, 6] u. a.). Sie schliessen nach neueren Beobachtungen mit dem sogen. Kellwasser Kalk[2]) ab, einer höchstens einige Meter mächtigen, aber weit verbreiteten Folge von bituminösen schwarzen Kalken und Schiefern, die neben der charakteristischen *Buchiola angulifera* noch kleine zerquetschte Goniatiten, Cypridinen, Reste von Fischen, *Ceratiocaris* u. s. w. enthalten. Die bei Oos (unweit Büdesheim) über diesem Horizonte

[1]) Kayser, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1873, S. 602.

[2]) Nach dem Kellwasserthal bei Altenau im Harz.

lagernden grünlichen Schiefer mit *Cypridina* (*Entomis*) *serratostriata* (**21**, 9) gehören wohl schon dem oberen Oberdevon an.

Ganz ähnlich verhält es sich bei Aachen, wo über dem Mitteldevon zunächst mehr als 100 m dunkle Mergelschiefer und Knollenkalke folgen, die *Spirifer Verneuili* (**20**, 4), *Rhynch. cuboides* (**20**, 3) und viele andere Brachiopoden, ferner die für das Oberdevon sehr bezeichnende Korallengattung *Phillipsastraea* (*pentagona, ananas*) (**21**, 8), *Tornoceras simplex* (**20**, 6), *Receptaculites Neptuni* u. a. einschliessen. Dann kommen schwarze milde Schiefer mit *Buchiola retrostriata*, die ein Aequivalent der Büdesheimer Schiefer der Eifel darstellen.

Auch in Belgien sind in gleichem Niveau, in der oberen Hälfte des älteren Oberdevon, mächtige dunkle Schiefer mit *Buchiola retrostriata*, *Bactrites*, kleinen Goniatiten (*simplex, intumescens* etc.) und Cypridinen entwickelt, die als Schistes de Matagne bezeichnet werden und den eben erwähnten Schiefern bei Aachen und Büdesheim gleichstehen.

Neben diesen Kalken und Mergeln spielen an vielen Stellen eine grosse Rolle mehr oder minder mächtige Riffkalke, an deren Aufbau ausser Favositiden namentlich die bereits genannte Gattung *Phillipsastraea* betheiligt ist. Sie sind besonders in Belgien sehr verbreitet und werden dort als „Calcaire de Frasne“ bezeichnet. Auch bei Breitscheid und Langenaubach unweit Dillenburg, im Bieberthale unweit Giessen und an einigen anderen Punkten sind ähnliche, eine reiche Fauna von Brachiopoden (besonders *Spirifer Verneuili* und *Archiaci*, *Rhynch. cuboides*, *pugnus* und *acuminata*, *Athyris concentrica* u. a., *Atrypa reticularis*, *Productella subaculeata* etc.), Gastropoden (*Turbonitella inflata*), Zweischalern, Trilobiten und Korallen einschliessende Kalke bekannt. Nach einem ähnlichen, längst bekannten Vorkommen des Oberharzes werden diese Korallenkalke als Iberger Kalk bezeichnet.

Eine weitere, namentlich in Westfalen, Nassau und Waldeck sehr verbreitete Entwickelungsform des älteren Oberdevon bilden graue oder röthliche Nieren- und Plattenkalke, die neben Cephalopoden fast nur dünnschalige Zweischaler und kleine Einzelkorallen enthalten. Das Hauptleitfossil ist auch hier *Manticoceras intumescens* (**21**, 1). Daneben pflegen von Goniatiten *M. primordiale, carinatum* und andere Arten derselben Gattung, weiter *Beloceras multilobatum* (**20**, 5), *Tornoceras simplex* (**20**, 6) und *paucistriatum* vertreten zu sein, von Zweischalern namentlich die zierliche kleine *Buchiola retrostriata* (**21**, 10). Nach einer altbekannten Fundstelle im Waldeck'schen[1]) ist dieser wichtige Cephalopoden-Kalk des unteren Oberdevon in der ersten Auflage dieses Buches

---

[1]) E. Holzapfel, Der Kalk von Adorf. Palaeontographica XXVIII, 1882.

als Adorfer Kalk bezeichnet worden. An seiner Basis liegt der weitverbreitete, oben erwähnte Kellwasser Kalk.

Noch etwas unsicher ist das Niveau der durch *Prolecanites lunulicosta, Becheri, tridens* etc. gekennzeichneten, in typischer Ausbildung im Dillenburg'schen auftretenden Fauna. Bei Langenaubach[1]) scheint sie dem Dach des jüngeren (oberdevonischen) Schalsteins anzugehören; und damit würde sie an die Basis des Adorfer Kalks (wahrscheinlich noch unter den Kellwasser Kalk), also etwa ins Centrum der Intumescens-Stufe zu liegen kommen.

Eine letzte Entwickelungsform des älteren Oberdevon stellt der westfälische Flinz dar. Mit diesem Namen bezeichnete v. Dechen schwarze Schiefer und Plattenkalke, die an der Grenze von Mittel- und Oberdevon auftretend, namentlich bei Meschede und Nuttlar (woselbst sie in grossen Brüchen gewonnen werden) entwickelt sind. Nach neueren Beobachtungen soll indess der grösste Theil des Flinz den Stringocephalen-Schichten und nur die alleroberstenLagen dem Oberdevon angehören.

Das jüngere Oberdevon wird auf der rechten Rheinseite besonders durch die Cypridinen-Schiefer der Gebrüder Sandberger vertreten, milde, lebhaft rothe oder grünliche, selten graue oder schwärzliche, oft ganz mit einem kleinen Schalenkrebse, der *Entomis* (*Cypridina*) *serratostriata* (17, 6) erfüllte Schiefer. Ausser diesem Fossil kommen darin in der Regel nur noch *Avicula* (*Posidonia*) *venusta* und *Phacops anophthalmus* (17, 7) vor.

An vielen Stellen gehen diese Schiefer in wenig harte, hellgraue, durch grossen Reichthum an weissen Glimmerblättchen ausgezeichnete Sandsteine über, die oftmals Schiefergallen, Wellenfurchen und Trocknungsrisse, aber von Versteinerungen fast nur schlecht erhaltene Pflanzenreste führen. Oertlich können sie durch reinere, härtere, mehr oder minder quarzitartige, weisse Sandsteine ersetzt werden. Man kann diese Gesteine mit einem westfälischen Localnamen als Pönsandsteine bezeichnen.

Das paläontologisch wichtigste Glied des jüngeren Oberdevon bilden auf der ganzen rechten Rheinseite, vom äussersten Nordrande des Gebirges bis nach Nassau und Waldeck, die Clymenien-Kalke. Es sind in der Regel nicht sehr mächtige, hellgraue oder röthliche Knollenkalke, die ausser zahlreichen Clymenien auch eine ganze Reihe von Goniatiten enthalten, welche aber nicht der im älteren Oberdevon herrschenden Gattung *Manticoceras,* sondern den Geschlechtern *Chiloceras* (*Verneuili,*

[1]) Drevermann, Fauna d. Tuffbreccie von Langenaubach. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1900, S. 106.



planilobum, subpartitum [21, 3] etc.), *Sporadoceras* (*Muensteri* [21, 5]), *Prionoceras* (*sulcatum*), *Prolobites* (*delphinus*) u. a. m. angehören. Daneben pflegen verschiedene Zweischaler — darunter besonders *Loxopteria dispar, Posidonia venusta, Buchiola retrostriata* (21, 10) und *Phacops*-Arten (*anophthalmus* [21, 7], *granulatus* u. a.) häufig zu sein. Von den Clymenien treten nach Denckmann im Kellerwald und Sauerlande im unteren Theil der fraglichen Kalke nur solche mit einfachen Loben (*laevigata* [21, 4]) auf, im oberen aber ausser solchen (*annulata, flexuosa. angustiseptata*) auch Formen mit complicirterem Lobenbau (*striata, undulata, speciosa, subarmata*). Berühmte Fundstellen von Versteinerungen des Clymenien-Kalks finden sich im rheinischen Gebirge besonders im Sauerland (Enkeberg unweit Brilon etc.) und bei Wildungen.

An die Basis der Clymenien-Kalke hat Verfasser schon vor langer Zeit die bekannten Schiefer mit verkiesten Goniatiten von Nehden (unweit Brilon) gestellt und hält diese Classification trotz der dagegen erhobenen Bedenken auch heute noch für zutreffend. Ausser einigen mit den Clymenien-Kalken gemeinsamen Arten von Goniatiten und Zweischalern enthalten die Nehdener Schiefer besonders eine grosse Zahl von *Chiloceras*-Arten (*Verneuili, subpartitum, planilobum* etc.), Arten von *Tornoceras* (*circumflexum* etc.) u. a. Diese Fauna, der Fr. Frech den Rang eines „mittleren Oberdevon" zuweist (Lethaea palaeozoica, Bd. II, S. 127 etc., 1897), kennt man jetzt auch von Elsterburg im Thüringer Vogtland, bei Aachen, von Kielce im polnischen Mittelgebirge, von Rostellec unweit Brest in Nord- und von Cabrières in Südfrankreich. Auch am Ural scheint sie vertreten zu sein.

Auf der linken Rheinseite tritt die Hochstufe des Oberdevon in noch anderer Ausbildung auf.

In Belgien erscheint sie nämlich einmal in Gestalt grünlicher Brachiopoden-Schiefer (mit *Spirifer Verneuili, Cyrtia Murchisoniana, Rhynch. pugnus, acuminata, Dumonti, Entomis serratostriata* etc.), der Schistes de Famenne, und zweitens in Form bräunlicher glimmerreicher Sandsteine, die neben Brachiopoden (*Spirifer Verneuili* u. s. w.) und *Phacops granulatus* besonders Pelecypoden („*Cucullaea*" *Hardingii* etc.) führen und nur eine sandige Facies der Famenne-Schiefer darstellen, der Psammites du Condroz. Diese letzten, stellenweise sehr mächtig werdenden Sandsteine sind interessant durch das Vorkommen von Landpflanzen (*Sphenopteris, Palaeopteris hibernica, Lepidodendron*), Fischen (*Holoptychius* etc.) und die merkwürdige, wesentlich nordamerikanische Spongiengattung *Dictyophyton*. Durch ihre Pflanzenführung stehen sie unserem Pönsandstein nahe, während *Pal. hibernica* und die Fische Beziehungen zum englischen Old Red verrathen.

Bei Aachen finden wir ganz ähnliche Verhältnisse wieder. Ueber

den dunklen Schiefern des älteren Oberdevon liegt auch hier eine unmittelbar von Kohlenkalk überlagerte, mächtige Folge von graubraunen glimmerigen Sandsteinen und grünlichen Schiefern, die zahlreiche Brachiopoden (*Spirifer Verneuili, Cyrtia Murchisoniana, Rhynch. pugnus, Orthothetes*), *Aviculopecten*, „*Cucullaea*“ *Hardingii* u. s. w. enthalten und dem belgischen Famennien entsprechen. An der Basis dieser Schichten wies Holzappel einen Chiloceren-Horizont nach. Clymenien-Kalke aber kommen bei Aachen ebensowenig vor wie in Belgien.

Eine tabellarische Zusammenstellung der Entwickelung des Oberdevon in einigen Hauptgebieten des rheinischen Gebirges würde sich folgendermaassen gestalten:

	Belgien	Aachen	Eifel	Sauerland	Dillmulde	Wildungen
Jüngeres Oberdevon (Clymenien-Schichten)	Psammite des Condroz und Famenne-Schiefer	Glimmerreicher Sandstein mit *Spir. Verneuili, Cyrtia Murchisoniana* etc. Horizont mit *Chiloceras Verneuili* etc.	Grünliche Schiefer mit *Entomis*	Cypridinen-Schiefer, Pönsandstein, Clymenien-Kalke Nehdener Schiefer	Diabas, Schalstein, Cypridinen-Schiefer und Sandsteine, Clymenien-Kalk	Diabase, Sandsteine, Cyprid.-Schiefer, Clymenien-Kalke
Aelteres Oberdevon (*Intumescens*-Schichten)	Schiefer von Matagne Kalke, Mergel und Schiefer von Frasne	Schiefer mit Goniatiten *Cuboides*-Mergel	Kellwasser-Kalk, Büdesheimer Goniatiten-Schiefer Plattige Kalke, *Cuboides*-Kalke und Dolomite	Adorfer Kalk Flinz (v. Dechen) z. Th.	{ Adorfer Kalk Kellwasser-Kalk mit *Buchiola angulifera* } ? Prolecaniten-Sch. Iberger Kalk | Jüngerer Schalstein	Adorfer Kalk Aeltester [1] Oberdevon-Schiefer

[1] Dunkle Schiefer mit Tentaculiten, Brachiopoden (Liorhynchus?), kleinen Goniatiten (*Torn. simplex, Manticoceras*). Sie wurden als Büdesheimer Schiefer bezeichnet, entsprechen aber stratigraphisch nicht den (der oberen Abtheilung des älteren Oberdevon angehörenden) Büdesheimer Schiefern der Eifel.

Nächst der Rheingegend ist für die Kenntniss der Devonformation der **Harz** das wichtigste unter den deutschen Gebirgen. Schon frühzeitig durch die Arbeiten Fr. A. Roemer's[1]) bekannt geworden, ist die kleine Gebirgsinsel seit Ende der 60er Jahre zu einem Hauptarbeitsgebiete der preussischen Landesgeologen, unter ihnen in erster Linie K. A. Lossen's[2]) geworden. Leider aber war damals unsere Kenntniss des älteren Devon, namentlich in seiner pelagischen Entwickelungsform, noch so gering, dass bei den grossen, mit der verwickelten Tektonik und dem vielfachen Mangel an Aufschlüssen zusammenhängenden Schwierigkeiten die zu Beginn der 70er Jahre aufgestellte Gliederung des Unterharzer Devon völlig verfehlt war. Erst nach Preisgebung jener Eintheilung hat in den letzten zehn Jahren die Erforschung des Harzer Devon wieder erfreuliche Fortschritte gemacht, die insbesondere M. Koch und L. Beushausen zu verdanken sind.

Im ganzen Oberharz zeigen die devonischen Schichten eine der rheinischen bis ins Einzelne entsprechende Entwickelung. Als Beweis lassen wir die von A. Beushausen ganz neuerdings[3]) für einen Theil des Gebietes aufgestellte Gliederung folgen:

Hangendes: Culm.

Jüngeres Ober-Devon	Cypridinen-Schiefer. Wie am Rhein ausgebildet, greift er transgredirend über die älteren Stufen fort.
	Clymenien-Kalk. 1—13 m mächtig.
Aelteres Ober-Devon	Adorfer Kalk. 8—9 m, zuunterst der sogen. Kellwasser-Kalk mit *Buchiola angulifera, Tentacul. tenuicinctus, Entomis* etc.
	Aelteste Ober-Devon- (sogen. Büdesheimer[4]) Schiefer. 100 m m., mit *Tornoc. simplex, Manticoc., Tentac. tenuicinctus, Entomis serratostriata.*
Mittel-Devon	Stringocephalen-Schiefer. 8 m m., oben Flaser- und Knollenkalke mit *Aphyll. evexus, Anarcestes, Prolecanites;* zuunterst Odershäuser Kalk mit *Posid. hians.*
	Wissenbacher Schiefer. 50 m m. mit *Aphyll. occultus, Anarc. vittatus, Mimoc. gracile.*
	Calceola-Schiefer. 50 m kalkige Schiefer mit der Fauna der eifeler Calceola-Mergel und der Schiefer von Leun.
Unter-Devon	*Speciosus*-Schichten. Uebergangshorizont zum Unterdevon mit *Calceola, Spirif. speciosus* und *cultrijugatus, Homalonotus, Pleurodictyum* etc.
	Kahleberg-Sandstein { Rammelsberg-Sch. m. Ober-Coblenzfauna. Schalker Sch. mit der Fauna des Coblenzquarzits.

[1]) Versteiner. d. Harzgebirges, 1843. — Beiträge z. Kenntniss d. nordwestl. Harzgeb. Paläontogr. 1850—1866.

[2]) Vergl. ausser zahlreichen, in der Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. und im Jahrbuch d. preuss. geol. Landesanst. zerstreuten Mittheilungen besonders die „Geol. Uebersichtskarte des Harzgebirges", 1882.

[3]) Das Devon des nördl. Oberharzes. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1900.

[4]) Vergl. die Anmerkung auf vor. Seite.

Schliesst sich diese Schichtenfolge am nächsten an die der Wildunger Gegend an, so finden wir bei Grund im südlichen Oberharz auch typischen Iberger Kalk mit zahlreichen Korallen — darunter auch hier wieder besonders *Phillipsastraea*-Arten, Gastropoden, Brachiopoden (*Rhynch. cuboides*, *Terebratula elongata* etc.), Cephalopoden (*Mantic. intumescens*) u. s. w., weiter östlich (bei Elbingerode und Rübeland) auch ächten Massenkalk mit *Stringocephalus* und mitteldevonische Schalsteine.

Auch noch weiter nach Osten zu sind jüngere Devonbildungen (Cypridinen-Schiefer, Clymenien-Kalk) vertreten; in der Hauptsache aber besteht das Plateau des Unterharzes, soweit es nicht aus silurischen Schichten aufgebaut ist, aus Ablagerungen des älteren Mittel- und des Unterdevon.

Das Mitteldevon ist ausschliesslich in pelagischer Facies entwickelt, als dunkle Schiefer, die den grössten Theil der früher als „Wieder Schiefer" bezeichneten Schichtenfolge ausmachend, die Fauna des rheinischen Orthoceras-Schiefers enthalten. Unter den auch hier sehr zahlreichen fremdartigen Gesteinseinschaltungen sind am wichtigsten die Kalksteine, weil ihre Fauna oft eine sichere Horizontirung ermöglicht. So stellen die Kalke von Hasselfelde, vom Laddekenberge bei Zorge u. s. w. mit *Jovellania triangularis* (**20**, 1), *Anarcestes lateseptatus* und *neglectus* (**19**, 2), *Hercoceras subtuberculatum* (**19**, 1), *Orthoceras commutatum* und *patronum* etc. ein unzweifelhaftes Aequivalent des rheinischen Ballersbacher Kalkes dar, während der Kalk des Schwengskopfes bei Wernigerode[1]) mit *Aphyllites fidelis*, *Proetus crassimargo* u. cnf. *eremita*, *Bronteus speciosus* (**19**, 6) etc. ein solches des Greifensteiner Kalkes bildet.

Das Unterharzer Unterdevon besteht zuoberst aus Schiefern mit sandigen und quarzitischen Einlagerungen, K. Lossen's „Hauptquarzit", die bei Mägdesprung, Michaelstein, Elend u. s. w. eine typische Obercoblenz-Fauna mit *Spir. auriculatus* und *paradoxus* (**14**, 1), *Athyris undata* (**14**, 2), *Cryphaeus Lethaeae* (**14**, 6) etc. einschliessen. Die unter diesem Horizonte liegende mächtige (früher als „unterer Wieder Schiefer" bezeichnete) Schichtenfolge aber enthält in linsenförmigen, bei Mägdesprung, Zorge, Ilsenburg u. s. w. auftretenden Kalkeinlagerungen eine reiche Fauna, die von der gewöhnlichen Fauna des rheinischen Unterdevon sehr verschieden ist, dagegen mit der früher erwähnten Fauna der kalkigen Unterdevonschichten des Kellerwaldes und der Marburger Gegend sowie der gleichaltrigen Schichten Böhmens übereinstimmt. Mit einem von E. Beyrich vorgeschlagenen, ursprünglich in weiterem Sinne gebrauchten, aber später auf das Schichtensystem im Liegenden des Hauptquarzits beschränkten Ausdruck bezeichnet man diese Fauna jetzt als hercynisch.

---

[1]) M. Koch, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1898, S. 25.

Sie setzt sich besonders aus Brachiopoden, Capuliden und Trilobiten, daneben aus Korallen, einigen Zweischalern u. a. zusammen. Als besonders wichtige Arten seien genannt *Spirifer togatus* Barr. (15, 3), *Nerei* B., *Decheni* (15, 4), *Hercyniae* (14, 1) und *Bischofi*, *Rhynch. princeps*, *Henrici* (15, 5) und *nympha* Barr., *Terbratula melonica* B. (15, 1), *Pentamerus Sieberi* B. (15, 2), *Platyostoma naticoides* A. Rö. = *gregarium* Barr. (15, 9), *Platyceras selcanum*, *acutum*, *multiplicatum*, *Zinkeni* etc. (15, 6—8), *Odontochile* (20, 2) *tuberculata* A. Roe., *Cryphaeus*, *Cyphaspis hydrocephala* A. R., *Phacops fecundus* Barr [1]). Nur wenige von diesen Arten, wie *Spir. Hercyniae* und *Bischofi*, kommen auch im normalen rheinischen Unterdevon vor.

Nächst dem Harze finden wir das Devon im **ostthüringisch-fichtelgebirger Gebiete** in recht ansehnlicher Verbreitung wieder. Im Anschluss an die Untersuchungen von Gümbel [2]) und Th. Liebe lässt sich die devonische Schichtenfolge dieser Gegend folgendermaassen gliedern:

Jüngeres Ober-Devon:	Clymenien-Kalk (mit reicher Fauna bei Schübelhammer und Saalfeld etc.), Cypridinen-Schiefer.
Aelteres Ober-Devon:	Adorfer Kalk mit *Mantic. intumescens* und *Beloc. multilobatum*. Diabastuffe und Schalsteine (Planschwitzer Tuff z. Th.) mit *Spir. Verneuili, Manticoceras, Phillipsastraea.*
Mittel-Devon	Diabastuffe (Planschw. T. z. Th.) mit *Favosites polymorpha.* Tentaculiten- und Nereiten-Schichten, zuunterst örtlich Knollenkalke mit *Odontochile, Machaeracanthus bohemicus* etc.
Oberstes Unter-Devon:	Sandige Schichten der Gegend von Steinach mit *Spirifer paradoxus* und *speciosus.*
	Discordanz.
Liegendes: Silur.	

Diese sich der rheinischen so nahe anschliessende Schichtenfolge verdient dadurch besonderes Interesse, dass die tiefsten Devonbildungen jener Gegend, die anscheinend nur örtlich entwickelten *Speciosus*-Schichten, bezw. die Tentaculiten-Schichten, durch eine Discordanz vom unterliegenden Silur getrennt sind. Der dadurch angedeutete Hiatus entspricht dem allergrössten Theile des Unterdevon. Das fichtelgebirger Gebiet lag mit anderen Worten fast die ganze Unterdevonzeit über trocken und wurde erst kurz vor Anbruch der Mitteldevonperiode wieder überfluthet. Wir haben somit hier ein erstes deutliches Anzeichen der auch in vielen

[1]) Vergl. Kayser, Fauna d. ältesten Devonbildungen des Harzes. Abh. d. pr. geol. Landesanst. 1878.

[2]) Gümbel, Geogn. Beschr. d. Fichtelgeb. 1879. — Liebe, Der Schichtenaufbau Ostthüringens. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1884.

anderen Gegenden nachweisbaren grossen, mit oder kurz vor Beginn des Mitteldevon einsetzenden marinen Transgression.

Auch in **Schlesien** (Clymenien-Kalk von Ebersdorf, Iberger Kalk von Oberkunzendorf), **Mähren** (Stringocephalen-Kalk von Rittberg bei Olmütz) und **Polen** (Kielce, Krakau etc.) kennt man devonische Ablagerungen. Das polnische Devon ist dadurch sehr bemerkenswerth, dass hier fast alle Niveaus der Formation, vom Obercoblenz an bis zu den Clymenien-Schichten, in einer mit der rheinischen ganz übereinstimmenden Entwickelung vertreten sind [1]). Nur die Placodermen-Sandsteine des tiefsten Mittel- oder obersten Unterdevon (mit *Coccosteus* und anderen Old Red-Fischen) gemahnen an das baltische Devon. Bemerkenswerth ist auch das Erscheinen einer Clymenien-Art (*Cl. Humboldti*) schon unter den eigentlichen Clymenien-Schichten, in den den rheinischen Nehdener Schiefern entsprechenden Chiloceren-Mergeln von Lagow.

In Süddeutschland sind devonische Bildungen bisher nur im **Elsass** nachgewiesen, wo sie theils (ob. Breuschthal) als rothe conglomeratisch-sandige Schichten mit *Calceola sandalina* entwickelt sind, theils als sandige und schiefrige von Eruptivtuffen begleitete Gesteine, die in kalkigen Einlagerungen (bei Schirmeck etc.) die Fauna der älteren Stringocephalen-Schichten einschliessen.

Unter den ausserdeutschen Devongebieten Mitteleuropas ist kein anderes von solcher Wichtigkeit wie **Böhmen.** Die völlig gleichförmig über dem Obersilur, und zwar zunächst über den schwarzen Schiefern und Kalken der Stufe F^1 [2]) folgenden Devonschichten nehmen einen verhältnissmässig geringen, auf die Gegend zwischen Prag und Beraun beschränkten Raum ein. Barrande zerlegte die Schichtenfolge in die drei Hauptglieder *F*, *G* und *H* und mehrere Unterabtheilungen und betrachtete sie als eine jüngere Phase seiner dritten oder obersilurischen Fauna. Nachdem aber zuerst Beyrich die Vermuthung ausgesprochen, dass hier ein kalkiges Aequivalent des rheinischen Unterdevon vorliege, und der Verfasser dieses Lehrbuches diese Vorstellung mit allem Nachdruck zu begründen versucht, haben spätere Untersuchungen immer deutlicher ergeben, dass Barrande's *F*, *G* und *H* sowohl das Unter- als auch das ganze Mitteldevon umfassen [3]).

[1]) Gürich, Das Paläozoicum d. poln. Mittelgebirges. Verh. d. mineral. Ges. St. Petersb. 1896.

[2]) Novák betrachtete diese Schichten als eine vicariirende Facies des Konjeprus-Kalkes und rechnete sie demgemäss dem Devon zu. Nachdem aber die F^1-Schichten sich als ein durchgehender Horizont des böhmischen Paläozoicums erwiesen und auch ausserhalb Böhmens (Harz, Kellerwald [?]) wiedergefunden haben, müssen sie ebenso wie die jüngsten graptolithenführenden Schichten Thüringens, des Harzes u. s. w. als oberstes Silur classificirt werden.

[3]) Fr. Katzer, Geologie von Böhmen, Prag 1892. — Kayser und Holzapfel,

Das Unterdevon wird in Böhmen durch BARRANDE's F^2, den Konjeprus-Kalk vertreten, einen nahezu massigen, weissen Brachiopoden- und Korallen-Kalk, der eine reiche, der des Harzes, Kellerwaldes und anderer Gegenden entsprechende (sogen. Hercyn-)Fauna einschliesst. *Bronteus palifer, Harpes venulosus, Acidasp. vesiculosa, Gyroceras alatum, Platyostoma gregarium* (**15**, 9), ein Heer von Capuliden, *Spirif. togatus* (**15**, 3), *Nerei* etc., *Rhynch. princeps, Henrici* (**15**, 5), *pseudolivonica* etc., *Pentam. Sieberi* (**15**, 2), *Orthis Gervillei, Strophomena Stephani, Terebr. melonica* (**15**, 1) können als besonders bezeichnend genannt werden.

Darüber folgt ein nur örtlich entwickelter, wenig mächtiger (von BARRANDE noch nicht ausgeschiedener) Complex von röthlichen Crinoiden-Kalken und anderen dichten Kalken. Dieser sogen. Mnenian-Kalk mit *Aphyllites fidelis, Mimoceras gracile, Bronteus speciosus* und *Dormitzeri* (**19**, 6, 7), *Proetus eremita* und *orbitatus, Dalmanites, Athyris Thetis, Merista* etc. ist nach Fauna und Gesteinsbeschaffenheit ein vollständiges Aequivalent des rheinischen Greifensteiner Kalks und gleich diesem zum Mitteldevon zu ziehen.

Nur ein faciell abweichender Vertreter des Mnenian-Kalks scheint BARRANDE's dunkelgrauer Knollenkalk G^1 zu sein. Er ist reich an Arten von *Dalmanites* (*Odontochile Hausmanni, rugosa* [**20**, 2] etc.), *Phacops* (*cephalotes* [**19**, 5], *Sternbergi, Bronni* etc.) und *Cheirurus*.

Die dann folgenden Tentaculiten-Schiefer G^2 mit *Tentac. acuarius* und *Styliolina* bilden petrographisch wie faunistisch nur eine Fortsetzung der rheinischen und thüringer Tentaculiten-Schiefer, während die sie überlagernden mächtigen grauen Knollenkalke von Hlubocep, die BARRANDE als G^3 bezeichnete, durch ihre Fauna (*Anarc. lateseptatus = plebejus* [**19**, 2], *Aph. Dannenbergi = bohemicus, occultus* [**19**, 3] und *tabuloides, Pinacites Jugleri = emaciatus* BARR. [**19**, 4], *Hercoceras subtuberculatum* [**19**, 1], *Gyroc. nudum* etc.) nahe Beziehungen zum Ballersbacher und zum Günteröder Kalk erkennen lassen.

Während somit diese Schichten den Calceola-Bildungen der Eifel gleichstehen, entsprechen die hangenden dunklen sandigen Schiefer von Hostin mit darin eingelagerten Quarziten, BARR.'s Etage *H*, wie dies schon das Vorkommen von *Stringoceph. Burtini, Aphyllites inconstans, Maeneceras terebratum* und *Posidonia hians* (?)[1]) beweist, dem oberen Mitteldevon. Im Allgemeinen fossilarm, enthalten sie eine interessante, sich an die des englischen Old Red anschliessende Flora.

Darnach würden die Zusammensetzung des böhmischen Devon und seine Beziehungen zum rheinischen sich wie folgt darstellen lassen:

Stratigr. Beziehungen d. böhm. zum rhein. Devon. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1894.

[1]) Nach freundlicher Mittheilung der Herren Prof. J. JAHN und HOLZAPFEL.

Böhmen	Lahngebiet	Eifel
H^2 } dunkle, pflanzenführende Schiefer mit H^1 } *Stringocephalus* u. s. w.	Massenkalk Odershäuser und Hainaer Kalk	Obere } Stringoceph.- Untere } Schichten
G^3 Cephalop.-Kalke G^2 Tentacul.-Schiefer G^1 Knollenkalke und bunter Mnenian-Kalk	Günteröder Kalk Ballersbacher Kalk Greifensteiner Kalk	*Calceola*-Schichten *Cultrijugatus*-Stufe
F^2 weisser Konjeprus-Kalk	Unter-Devon	

In **den Alpen** kennt man schon lange aus der Gegend von Graz Clymenien-Kalke und andere devonische Gesteine; erst in neuerer Zeit aber ist durch Fr. Frech [1]) in den karnischen Alpen, und zwar besonders in der Umgebung des Wolayer Sees (südwestl. Kötschach im Gailthale) eine sehr vollständige, wenn auch ganz eigenartige, gleichförmig über dem Obersilur (sogen. Bänderkalk mit *Cardiola cornu copiae*) liegende Entwickelung des Devon bekannt geworden. Ueber einer basalen Zone von grauen Schiefern und Knollenkalken mit Goniatiten (*Anarcestes*, *Tornoceras* etc.) folgen zunächst weisse, versteinerungsreiche Korallenkalke mit der Fauna des böhmischen Konjeprus-Kalks. Darüber liegen ähnliche hellfarbige Riffkalke mit *Stringocephalus*, *Macroch. subcostata*, Arten von *Alveolites*, *Heliolites* etc. als Vertreter des Mitteldevon, während in noch höherem Niveau *Rhynchonella cuboides*, *Phillipsastraea* etc. die Aequivalente des Iberger Kalks bilden. Es ist somit in dieser Gegend fast das gesammte Devon in Form heller, mehr oder weniger schichtungsloser, viele hundert Meter mächtiger Riffkalke entwickelt.

Auch in **Frankreich** sind devonische Schichten sowohl im Nordwesten wie im Süden des Landes verbreitet. Bei Ferques unweit Boulogne sur mer sind schon lange versteinerungsreiche Kalke vom Alter des belgischen Kalkes von Frasne bekannt. In der Bretagne gliedert Charles Barrois [2]) das Devon jetzt folgendermaassen:

Ober-Devon {
Dunkle Schiefer von Rostellec mit *Entom. serratostriata*, *Tentac. tenuicinctus*, *Posidonia venusta* und den Goniatiten von Nehden (*Chilocer. Verneuili* etc.) = Famennien.
Grünl. Schiefer von Traouliors mit *Rhynch. cuboides* etc. = Frasnien.

[1]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1887, S. 660, und „die Karnischen Alpen“ Halle 1894.

[2]) Führer z. d. Excurs. d. internat. Geologen-Congr. Paris 1900, Nr. VII.

Mittel-Devon	Schiefer von Porsguen mit *Anarc. subnautilinus* und den Brachiopoden und Korallen der Eifeler Calceola-Sch.
Unter-Devon	Grauwacke von le Fret mit *Spirif. paradoxus, arduennensis, auriculatus* = Ober-Coblenz. Grauwacke von le Faou = Unter-Coblenz (und Hunsrückschief.). Sandsteine von Gahard mit *Orthis Monnieri* etc. = Taunusquarzit. Schiefer und Quarzite von Plougastel = Gedinnien.

Clymenien-Kalke fehlen hier wie in ganz Nordfrankreich. Aequivalente des Stringocephalen-Kalks sind vermuthlich vorhanden, aber noch nicht nachgewiesen. Besonders interessant ist die Grauwacke von le Faou wegen der ihr eingelagerten Kalklinsen mit hercynischer Fauna. Ein höherer, blauer Kalk, der von Néhou, enthält ausser *Spir. Hercyniae* nur wenige typische Hercynformen (*Sp. Decheni*, aff. *Nerei*, *robustus*, *Terebr. melonica*, *Jovellania* etc.). Der tiefere, helle Kalk von Erbray (Dép. Loire infér.) dagegen ist nach Ch. Barrois[1]) an solchen sehr reich (*Spir. Decheni, Pentam. Sieberi, Rhynch. Henrici* und *princeps*, *Orthis Gervillei, Leptaena Bouëi, Platyceras naticoides,* zahlreiche Capuliden, *Jovellania, Phacops fecundus* etc.).

In Südfrankreich sind devonische Bildungen namentlich in der Gegend von Cabrières unweit Montpellier, in der Montagne Noire[2]), in ausgezeichneter Weise entwickelt. Im Oberdevon finden wir hier zuoberst Cypridinen-Schiefer und Nierenkalke mit Clymenien, darunter Kalke und Schiefer mit reicher Nehdener Fauna (*Chiloc. curvispina*), zuunterst solche mit *Mantic. intumescens.* Das Mitteldevon besteht aus hellen Kalken mit *Stringocephalus*, *Maenec. terebratum* etc. und aus mergeligen Kalken mit *Calceola* und *Spir. cultrijugatus*, während das Unterdevon durch versteinerungsarme dolomitische Kalke und Quarzite vertreten ist.

In den Pyrenäen sind bunte Nierenkalke mit oberdevonischen Goniatiten (marbre griotte z. Th.) sehr verbreitet und bei Cathervielle ist auch eine kleine Hercynfauna (mit *Dalmanites, Thysanopeltis, Phacops fecundus* u. s. w.) nachgewiesen worden.

Auch in **Spanien** und **Portugal** kennt man devonische Bildungen schon seit längerer Zeit. Dunkle Schiefer, Kalksteine und Sandsteine sind die verbreitetsten Gesteine. Als Fundpunkt ausgezeichnet erhaltener, jung-unterdevonischer Versteinerungen sind namentlich die Kalke von Arnao und Ferrones in Asturien[3]) bekannt. In Catalonien endlich treten Schiefer mit *Tentac. acuarius, Styliol. laevis, Phacops micromma* etc. auf,

[1]) Faune du calcaire d'Erbray. Mém. soc. géol. du Nord, 1889.

[2]) Bergeron, Excursionsführer d. intern. Geologen-Congr., Paris 1900, Nr. 18. — Fr. Frech, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1887, S. 360.

[3]) Barrois, Terrains anciens des Asturies et de la Galice. Mém. soc. géol. du Nord, 1882.

die in jeder Hinsicht den Tentaculiten-Schiefern Thüringens und anderer Gegenden ähneln.

In **England** ist das Devon in zwei ganz verschiedenen und scharf getrennten Facies entwickelt, nämlich: 1. in einer schiefrig-sandig-kalkigen Entwickelung, die sich in allen Punkten an die continentale Ausbildung anschliesst, und 2. in Gestalt mächtiger, rother, durch eine reiche eigenthümliche Fischfauna ausgezeichneter Sandsteine, des Old Red-Sandstone (abgekürzt Old Red).

Die erstgenannte Facies, auf welche die Bezeichnung „Devon" ursprünglich angewandt wurde, ist auf Devonshire und die angrenzenden Theile von Sommerset und Cornwall beschränkt und stellt eine mächtige Folge von Grauwacken, Schiefern und Kalksteinen mit darin eingeschalteten Eruptivgesteinen und Tuffen dar. Sie ist überall stark gefaltet und von zahlreichen Verwerfungen durchsetzt, so dass die Feststellung der Altersverhältnisse der verschiedenen Gesteinsstufen im Wesentlichen nur auf Grund der festländischen Erfahrungen über die stratigraphische Rolle der devonischen Fossilien möglich ist. Die Uebereinstimmung der englischen Devonentwickelung mit der rheinischen ist eine sehr weitgehende. Im Unterdevon treffen wir z. B. bei Looe in Cornwall typische Siegener Schichten mit *Spirifer primaevus*, *Rhynchonella Pengelliana*, *Orthothetes gigas* und anderen charakteristischen Formen an, während in der Umgebung des Seebades Torquay sowohl die unteren als auch die oberen Coblenz-Schichten (erstere mit *Strophomena laticosta* und *Homalonotus armatus*, letztere mit *Spirifer auriculatus* etc.) wiederzuerkennen sind. Das Mitteldevon wird durch *Calceola*-Schiefer und -Kalke sowie durch Stringocephalen-Kalk mit leitenden Versteinerungen vertreten, das Oberdevon durch Iberger Kalk, Adorfer Goniatiten-Kalk und Büdesheimer Goniatiten-Schiefer, Cypridinen-Schiefer und Clymenien-Kalke (diese letzten besonders bei Petherwin in Cornwall)[1]).

Bemerkenswerth ist der grosse Unterschied in der Entwickelung der devonischen Schichten in Süd- und in Nord-Devonshire. Während alle eben genannten, den rheinischen entsprechenden Bildungen dem Süden angehören, findet man im Norden eine zwar sehr mächtige, aber versteinerungsarme Vertretung der Formation. Diese Abweichung erklärt sich jedenfalls daraus, dass die Schichtenfolge von Nord-Devonshire in nächster Nähe eines alten Festlandes abgelagert worden ist. Denn schon in geringer Entfernung, gleich jenseits des Bristol-Kanals, treffen wir auf die sogen. Old Red-Facies der Devonformation. Diese wird von bis 3000 m mächtigen, zum Theil sehr an unseren Bunt-

[1]) Ussher, Quart. Journ. Geol. Soc. Lond. 1890, S. 487.

sandstein erinnernden, glimmerreichen rothen und graulichen Sandsteinen und Mergeln gebildet, die man schon lange im südlichen Wales und in Herefordshire als die Basis des Kohlengebirges kennt, die aber auch in Schottland und auf den Orkney-Inseln weit verbreitet sind. Wie durch ihre Gesteinsbeschaffenheit und die fast überall flache Lagerung, weichen diese rothen Sandsteine auch durch ihre Fauna vom normalen Devon ab. Sie enthalten nämlich keine der vielen Trilobiten, Brachiopoden, Korallen oder sonstigen gewöhnlichen Versteinerungen jenes letzten, sondern ausser einigen spärlichen Landpflanzen (*Sphenopteris*, *Palaeopteris* [*hibernica*], *Lepidodendron*) fast nur Reste grosser Kruster (*Pterygotus anglicus*, *Eurypterus* etc.) und von Fischen, unter welchen durch ihre Häufigkeit namentlich die merkwürdigen, zuerst durch Agassiz[1]) genauer bekannt gewordenen Panzerfische oder Placodermen (*Pterichthys*. *Coccosteus* etc.) und andere Ganoiden (*Holoptychius*) hervortreten. Auch in den russischen Ostseeprovinzen und in Podolien, ja sogar auf Spitzbergen und Grönland kehrt die Old Red-Entwickelung des Devon wieder.

Einige englische Geologen deuten schon seit längerer Zeit diese eigentümliche Entwickelungsart der Formation als eine Süsswasserbildung, indem sie sich auf die Landpflanzen des Old Red, auf einen in Irland vorkommenden *Anodonta*-ähnlichen Zweischaler, sowie auf die Thatsache stützen, dass die den Old Red-Placodermen verwandten Ganoiden in der Jetztzeit ganz auf das süsse Wasser beschränkt sind[2]). Im letzten Jahrzehnt hat diese Auffassung auch in Deutschland mehr und mehr Eingang gefunden. Insbesondere ist Fr. Frech vor Kurzem[3]) mit grosser Entschiedenheit für die nicht-marine Natur der Old Red-Fauna eingetreten.

Wir möchten uns dieser Anschauung anschliessen; allein nach den überzeugenden neueren Ausführungen von Joh. Walther[4]) über die Entstehungsweise mächtiger versteinerungsarmer rother Sandsteine vom Charakter des Buntsandsteines und anderer ähnlicher Gebilde wird man die Möglichkeit, dass wenigstens ein Theil des Old Red als Wüstenbildung zu deuten sei, nicht von der Hand weisen dürfen. Dass eine solche Annahme das Vorhandensein von Süss- oder Salzwasserbecken keineswegs ausschliesst, zeigt das Beispiel des heutigen Caspisees, welches zugleich lehrt, dass die oft sehr eigenartige Fauna solcher Wüstenseen sehr wohl einzelne marine Formen (im Caspi unter anderen Cardien) enthalten kann. Solche Formen, zu denen im Old Red die Gattung *Conularia* gehören würde, dürfen also noch nicht als Beweis für die

[1]) Monographie des poissons du vieux grès rouge, 1844.

[2]) A. Geikie, The Old Red-Sandstone of Western Europe. Edinb. 1878.

[3]) Lethaea palaeoz. 2. Bd., S. 219.

[4]) Das Gesetz d. Wüstenbildung. Berlin 1900.

marine Natur der betreffenden Schichtenfolge betrachtet werden. Für die Fische des Old Red ist allerdings in Betracht zu ziehen, dass einzelne charakteristische Old Red-Gattungen, wie *Pterichthys*, in der Eifel und anderweitig inmitten einer rein marinen Umgebung auftreten. Dies schliesst indess nicht aus, dass diese Formen auch in salzigen Binnenseen des Old Red-Continentes passende Lebensbedingungen finden konnten [1]).

In Südwales und Herefordshire stellt das Old Red eine einheitliche, durch keine Discordanz unterbrochene Folge rother, bräunlicher und grüner Sandsteine, Conglomerate und Schiefer dar, die nach unten wie nach oben durch unmerkliche Uebergänge mit dem Silur bezw. dem Carbon verbunden ist. Der untere Theil dieser Schichtenfolge enthält cephalaspide Fische und Eurypteriden, der obere *Holoptychius*, *Pterichthys* etc.

In den übrigen Verbreitungsgebieten des englischen Old Red, in Schottland und Irland, zerfällt der ganze Complex in zwei durch eine starke Discordanz getrennte Abtheilungen. Die untere besteht in Schottland, wo das Old Red am besten entwickelt ist, aus rothen Sandsteinen, Conglomeraten u. s. w. (mit darin eingeschalteten Eruptivdecken), die *Dipterus*, *Coccosteus*, *Cephalaspis* und Eurypteriden einschliessen. Dagegen ist die obere aus gelben und rothen Sandsteinen und Mergeln mit *Holoptychius*, *Pterichthys*, *Phaneropleuron* etc. zusammengesetzt.

In **Russland** besitzen devonische Ablagerungen eine ausserordentliche, viele tausend Quadratmeilen umfassende Verbreitung. Die Hauptquelle für ihre Kenntniss bildet das grosse, berühmte Werk von Murchison, de Verneuil und dem Grafen Keyserling, „Geology of Russia in Europe and the Ural Mountains“ [2]), während unter den zahlreichen Arbeiten späterer Forscher namentlich die neuesten von Th. Tschernyschew [3]) von Wichtigkeit sind. Man kann in Russland folgende Hauptverbreitungsgebiete der devonischen Formation unterscheiden: 1. das nordwestliche, welches von Kurland durch Livland und die Gouvernements Pskow, St. Petersburg und Nowgorod bis an das Weisse Meer reicht; 2. das mittelrussische, in der Gegend von Orel und Woronesch gelegene; 3. dasjenige im Flussgebiete der dem Eismeer zuströmenden Petschora, und endlich 4. das am Westabhange des Ural.

---

[1]) Eine der bezeichnendsten Old Red-Formen, die Gattung *Coccosteus*, gehört nach Cope zu den Dipnoern, d. h. zu der merkwürdigen Gruppe von Kiemen- und Lungenathmern, die geradezu aus der Anpassung an das Wüstenleben hervorgegangen sein könnten.

[2]) 1845, 1. Bd. (engl.) Geologie; 2. Bd. (französ.) Paläontologie, bearbeitet durch Verneuil, d'Orbigny u. A.

[3]) Mém. du Comité géol. russe, 1884—1893.

Nur in den beiden letztgenannten Gebieten sind die Schichten dislocirt, während sie in den beiden ersten eine flache bis fast horizontale Lagerung besitzen. Im Ostseegebiet ist das Devon in der Hauptsache als Old Red mit der bezeichnenden Fischfauna (*Coccosteus, Asterolepis, Holoptychius* etc.) entwickelt. Nur in der Mitte der Schichtenfolge sind den rothen Sandsteinen dolomitische Kalksteine mit mariner Fauna (*Spirifer Anossofi* etc.) eingeschaltet. Auch im Dnjestergebiete kehren ganz ähnliche rothe Sandsteine mit cephalaspiden Fischen (*Pteraspis*) wieder. Hier aber gehen diese Sandsteine nach unten ganz allmählich in das unterliegende (in den allerobersten Schichten eine Reihe hercynischer Brachiopoden enthaltende, vergl. S. 87) Obersilur über, während sie im Balticum das Silur transgredirend bedecken. Mit dieser Thatsache steht im Einklang, dass die Fische der tiefsten Schichten des baltischen Sandsteins nach Lahusen nicht mit denen des unteren, sondern des oberen schottischen Old Red übereinstimmen.

Wie demnach im ganzen Nordwesten Russlands, so fehlt das Unterdevon auch in Centralrussland und im Petschoragebiet. Ueberall beginnt die devonische Schichtenfolge mit Ablagerungen mitteldevonischen Alters. Es liegen hier also Beweise für eine grosse, mit Beginn der Mitteldevonzeit einsetzende marine Transgression vor. In den genannten Gegenden Central- und Nordrusslands ist das Mitteldevon hauptsächlich durch Kalksteine mit *Spirifer Anossofi* und Korallen vertreten, das Oberdevon durch Kalke mit oberdevonischen Brachiopoden (*Spirifer Archiaci* und *Verneuili, Rhynchonella cuboides* u. a.), zu denen an der Petschora noch dunkle bituminöse Schiefer mit Goniatiten (*Manticoceras intumescens, Ammon* etc.), die sogen. Domanik-Schiefer, hinzukommen. Auch im Uralgebiete treten Kalke mit *Spirifer Anossofi* und *Stringocephalus Burtini,* Iberger Kalk, Clymenien-Kalk und Cypridinen-Schiefer, ausserdem aber noch unterdevonische Gesteine auf. Unter diesen sind namentlich die Kalke am oberen Bjelaja-Fluss und bei Bogoslowsk mit hercynischer Fauna (Brachiopoden des Kalks von Konjeprus, böhmische Pelecypoden [*Dalila, Vlasta*], Gastropoden [*Hercynella* und zahlreiche Capuliden], *Jorellania* aff. *triangularis* u. s. w.) sehr beachtenswerth. Darnach lässt sich die Entwickelung des Devon im europäischen Russland durch nachstehende tabellarische Zusammenstellung veranschaulichen:

	Nordwestrussland		Centralrussland	Petschoraland	Uralisches Gebiet
Oberdevon	Rothe Sandsteine (Old Red)	Kalke mit *Spirifer Verneuili* und *Archiaci* etc.	Kalk mit *Arca oreliana,* Kalk mit *Spirifer Verneuili* und *Archiaci* etc.	Domanik-Schiefer, Kalk mit *Spirifer Verneuili* etc.	Clymenien-Kalk mit *Cl. annulata, speciosa* etc. und *Sporad. Muensteri,* Cypridinen-Schiefer, Kalk mit *Mant. intum.* und *Rhyn. cuboides*
Mitteldevon	Dolomite und Kalke mit *Spirifer Anossofi, Rhynchon. Meyendorfi* etc.		Mergel mit *Spirifer Anossofi, Rhynchonella Meyendorfi; Platyschisma uchtensis,* Korallen etc.		Kalk und Schiefer mit *Spirifer Anossofi, Stringocephalus Burtini* etc., Kalke und Schiefer mit *Pentamerus baschkiricus* bunte Mergel und Sandsteine
	Untere Sandsteine (Old Red)				
Unterdevon	Fehlt				Kalk und Schiefer des Juresan- und Ufaflusses, Schiefer und Quarzite, Marmorkalk der Bjelaja und von Bogoslowsk, phyllitische Schiefer und Quarzite

In **Sibirien,** am **Altai** und in **China** sind devonische Schichten in grosser Verbreitung und mit ähnlichen (zahlreiche übereinstimmende Species einschliessenden) Faunen wie in Russland und Westeuropa bekannt. Indess geben sich hier, wie schon in Russland, mehrfach Anklänge an das nordamerikanische Devon zu erkennen. Auch in **Kleinasien, Armenien** und am türkischen **Bosporus** sind verschiedene unter- bis oberdevonische Horizonte mit zahlreichen europäischen Arten nachgewiesen worden. Besonders bemerkenswerth aber ist das Vorkommen von *Stringocephalus Burtini* auf der Südseite des Tian-Shan-Gebirges in Centralasien.

In **Nordamerika** besitzen devonische Ablagerungen [1]) sowohl in Canada als auch in den Vereinigten Staaten eine grosse Verbreitung. Im erstgenannten Gebiete sind sie besonders in Manitoba vertreten; im letzten in der appalachischen Region und in der Umgebung der grossen Seen, ohne indess weiter nach Westen zu (Utah, Nevada) zu fehlen. Wie beim Silur, so gilt auch hier als typisch die Entwickelung im

[1]) Vergl. die wichtige, zusammenfassende Schrift von H. S. Williams in Bull. U. St. Geol. Survey Nr. 80 u. Correlation papers: Devonian and Carboniferous, 1891.

Staate New York, die wir in ihrer älteren und in ihrer neuesten Gestalt hier folgen lassen.

	Aeltere Bezeichnungen	Neuere Bezeichnungen	Gruppen
Neo-Devonic.	Catskill group Chemung group	Chemung beds mit Catskill als Localfacies	Chautauquan
	Portage group	Portage beds (Naples-, Ithaka-, Oneonta-Sch. als locale Facies)	Senecan
	Genesee und	Genesee shale	
	Tully beds	Tully limestone	
Meso-Devonic.	Hamilton group	Hamilton beds	Erian
	Marcellus beds	Marcellus shale	
Paläo-Devonic.	Corniferous and Onondaga group	Onondaga limestone	Ulsterian
	Schoharie beds	Schoharie grit	
	Caudagalli beds	Esopus grit	
	Oriskany beds	Oriskany sandstone	Oriskanian
		Kingston beds	Helderbergian
	Upp. Pentamerus limestone	Becraft limestone	
	(Delthyris) Shaly limestone	New Scotland beds	
	Lower Pentamerus limest.	Coemans limestone	

Die meisten amerikanischen Geologen lassen, altem Brauche folgend, noch heute das Unterdevon nicht wie in obiger Tabelle mit den Helderberg-Schichten, sondern erst mit dem Oriskany-Sandstein beginnen. Stratigraphische wie paläontologische Thatsachen lassen indess eine solche Classifikation unberechtigt erscheinen. In erster Beziehung fällt die schon früher (S. 98) erwähnte, von J. Clarke aufgefundene Discordanz im Hangenden des Cäment- (Waterlime-) und Manlius-Kalks ins Gewicht; in zweiter die Thatsache, dass beide obengenannten Kalke noch eine typische Obersilur-Fauna mit den auch im englischen Ludlow auftretenden Eurypteriden, *Hormoceras*, *Halysites* etc. einschliessen, während das Helderbergian eine ganz neue, devonische Fauna aufweist. Dazu kommt, dass am Becraft-Berge (am Hudsonflusse unterhalb Albany, N. Y.) im Becraft-Kalk des Helderbergian neben den gewöhnlichen Typen dieser Schichtenfolge eine ganze Reihe der bezeichnendsten Formen des Oriskany-Sandsteins (*Rensselaeria*, *Eatonia*, *Megalanteris*, *Hipparionyx* etc.) auftreten [1]), und dass auch an der Gaspé-Bay (O. Canada) in Kalken ähnlichen Alters dieselbe Mengung von Oriskany- und Helderberg-Typen stattfindet.

[1]) J. Clarke, The Oriskany Fauna of Becraft Mountain. Mem. N. York State Museum, 1900.

Im Ganzen lässt sich aussprechen, dass das Helderbergian mit seinen (unseren Odontochilen nahe verwandten) Dalmaniten (*pleuropteryx* u. a.), seinen zahllosen *Platyceras*-Arten und seiner Brachiopoden-Fauna bemerkenswerthe Beziehungen zur hercynischen Fauna Europas erkennen lässt.

Der Oriskany-Sandstein, ein grobkörniger, weisser Sandstein mit *Rensselaeria ovoides* (**12**, 4), *Hipparionyx* (*Orthis*) *proximus*, *Spirif. arrectus* etc. stellt nach neueren Untersuchungen nur eine örtliche, auf New York, Maryland und Ontario beschränkte Bildung dar. *Sp. arrectus* ist ein naher Verwandter des rheinischen *primaevus*, und auch die Rensselaerien des Oriskany und Anderes gemahnt an unsere Siegener Schichten, bezw. den Taunusquarzit.

Die Esopus-[1]) und Schoharie-Schichten sind versteinerungsarme Glieder. Dagegen stellt der Onondaga-Kalk eine versteinerungsreiche, durch Fische, zahlreiche (mehr oder weniger *Odontochile*-artige) Dalmaniten, *Proetus*, *Phacops*, *Conocardium*, Brachiopoden und Korallen (*Cyathoph.*, *Zaphrentis*, *Phillipsastraea*, *Favosites*) ausgezeichnete Bildung dar. Bemerkenswerth ist auch das Auftreten von *Tornoceras*. Die amerikanischen Geologen rechnen den Onondaga-Kalk allgemein noch zum Unterdevon; nach europäischen Erfahrungen würde man eher geneigt sein, ihn ganz oder zum grössten Theil zum Mitteldevon zu ziehen. Auch die grosse Aehnlichkeit des bezeichnenden *Spir. acuminatus* Conr. mit unserem *Spir. cultrijugatus* spricht für diese Stellung.

Die *Marcellus*-Schiefer sind dunkle Goniatiten-Schiefer mit *Aphyllites expansus*, *Tornoceras*, *Anarcestes*, *Nautilus* u. s. w. Die Hamilton-Schichten dagegen stellen kalkig-sandige Schiefer mit *Phacops rana* = *bufo*, *Homalon. Dekayi*, *Cryphaeus calliteles*, zahlreichen Brachiopoden (*Spir. mucronatus*, *Tropidoleptus carinatus*, *Athyris spiriferoides*), Zweischalern, Korallen u. s. w. dar. Obwohl die Hamilton-Schiefer örtlich das ganze Mitteldevon vertreten können[2]), so entsprechen sie doch in der Hauptsache dessen oberer Abtheilung. Dies zeigt schon ihre vielfache Ueberlagerung durch den Tully-Kalk und die Genesee-Schiefer, deren erster die Brachiopodenfauna unseres Iberger Kalkes (*Rh. venustula* = *cuboides* etc.) einschliesst.

Der Hauptvertreter des älteren Oberdevon ist das Portage, mehrere 100 m mächtige dunkle Schiefer und Sandsteine. Wie Clarke gezeigt hat[3]), machen sich im Staate New York in diesem Niveau drei ganz verschiedene Facies geltend. Die eine ist an sandige Schichten

---

[1]) Der alte Name „Caudagalli grit“ bezieht sich auf eine eigenthümliche Alge (?) *Fucoides caudagalli*.

[2]) Vergl. H. S. Williams, Journ. of Geol. II, 149, 1894.

[3]) Geol. Surv. N.-York, 15. ann. report of the State Geologist, 1895.

geknüpft und schliesst die Ithaka-Fauna ein, die aus Brachiopoden und Zweischalern bestehend, nur aus der Umwandlung der älteren Hamilton-Fauna hervorgegangen ist. Dieser einheimischen steht gegenüber die von Westen her eingewanderte, an schiefrig-kalkige Gesteine geknüpfte Naples-Fauna. Mit *Manticoc. intumescens* = *Pattersoni* und vielen anderen *Manticoceras-* und *Gephyroceres*-Arten, *Bactrites*, *Buchiola speciosa* (sehr ähnlich unserer *retrostriata*), *Clymenia neapolitana* etc. stellt diese ganz pelagische Fauna nur ein Wiedererscheinen der europäischen *Intumescens*-Fauna dar [1]). Eine dritte, im Osten der beiden genannten entwickelte Facies ist die der rothen und grünen Oneonta-Sandsteine und -Schiefer, nahezu fossilfreier, offenbar in der Nachbarschaft eines alten Küstenrandes abgelagerter Schichten.

Das jüngere Oberdevon endlich wird durch die Chemung-Gruppe vertreten, dunkle Schiefer und Sandsteine mit *Spirif. Verneuili*, *Productella subaculeata*, *Orthis*, *Orthothetes* u. a. Brachiopoden, Zweischalern etc. Die früher als selbständige Stufe betrachteten, in Wirklichkeit aber nur eine besondere Facies des Chemung bildenden rothen und grünen Sandsteine des Catskill erinnern äusserlich und durch ihre Fischreste (*Holoptychius, Bothriolepis* etc.) an das europäische Old Red. Auch die interessante Zweischalergattung *Amnigenia* hat sich im Catskill wie im irischen Old Red gefunden.

Auch in **Canada** sind Old Red-artige Bildungen mit bezeichnenden Fischen und Landpflanzen entwickelt. In besonders ausgezeichneter Erhaltung kommen die ersten (*Bothriolepis canadensis*, *Cephalaspis, Acanthodes* etc.) an der Scaumenac-Bay (N. Braunschw.) vor.

Von anderen canadischen Devonvorkommen verdienen noch besondere Erwähnung die von Tully-Kalk überlagerten mitteldevonischen Kalke von Manitoba mit *Stringocephalus Burtini*, *Macrochilina, Murchisonia* aff. *coronata* und zahlreichen anderen Species, die solchen der gleichaltrigen europäischen Riffkalke überraschend ähnlich sind.

Trotz der Uebereinstimmung aber, welche die Naples beds und der Manitoba-Kalk mit europäischen Ablagerungen zeigen, muss bemerkt werden, dass im Ganzen das nordamerikanische Devon keine näheren Beziehungen zum europäischen besitzt. Dies spricht sich besonders in der sehr geringen Zahl der identen und ähnlichen Arten beider Länder aus. Die sich darin ausdrückenden Unterschiede sind in der That so gross, dass sie sich nicht bloss aus abweichenden Bildungsumständen, sowie daraus erklären lassen, dass die amerikanischen Devonablagerungen, abgesehen von den Marcellus- und Naples-Schichten, lauter Flachmeerbildungen darstellen. Man muss vielmehr annehmen, dass die Devon-

[1]) Clarke, The Naples fauna, 16. ann. report of the State Geologist, 1898.

meere Europas und Amerikas durch grosse, im heutigen Nordatlanticum liegende Landmassen getrennt waren, die nur eine sehr beschränkte Verbindung zwischen beiden Ablagerungsbecken übrig liessen.

Auf der südlichen Halbkugel kennt man devonische Bildungen aus **Australien** (*Phillipsastraea*, *Spir. Verneuili* etc.) [1]). Eine sehr viel grössere Ausdehnung besitzen sie in **Südamerika** (Brasilien, Bolivien, Peru, Argentinien, Falklandsinseln). Sie enhalten hier überall eine sich wesentlich gleich bleibende Fauna, die besonders durch einige Brachiopoden (*Leptocoelia acutiplicata*, *Vitulina pustulosa*, *Tropidoleptus carinatus*, *Spir. antarcticus*), *Odontochile*-artige Dalmaniten, zahlreiche grosse Conularien u. a. gekennzeichnet ist. Ueberall scheinen die fraglichen Ablagerungen theils dem oberen Unterdevon, theils dem älteren Mitteldevon anzugehören. Fr. Katzer, der einzige europäische Geologe, der einige hierher gehörige Vorkommen des Amazonenbeckens aus eigener Anschauung kennt, ist sogar geneigt, alle bisher bekannt gewordenen südamerikanischen Devonbildungen dem tieferen Mitteldevon zuzuweisen [2]). Altes Unterdevon ist bisher in Südamerika ebenso wenig aufgefunden worden wie Oberdevon.

Durch die oben angeführten Brachiopoden, sowie durch eine beträchtliche Anzahl weiterer Arten, die mehr oder weniger mit solchen Nordamerikas (namentlich der Hamilton-Schichten) übereinstimmen, geben sich nahe Beziehungen zwischen nord- und südamerikanischem Devon zu erkennen. Man nimmt daher allgemein an, dass die devonischen Schichten beider Gebiete in einem und demselben Ablagerungsbecken gebildet worden seien.

Dieses selbe grosse antarktische Devonmeer muss sich bis nach **Südafrika** erstreckt haben. Denn auch die unterdevonischen Schichten des **Caplandes** (mit Choneten, gestachelten, dem rheinischen *H. armatus* verwandten *Homalonotus*-Arten, *Spir. antarcticus*, *Leptocoelia*, *Vitulina*, *Tropidol.*) zeigen viele südamerikanische Anklänge.

Werfen wir nach diesen Mittheilungen noch einen Rückblick auf die Gesammtheit der Devonbildungen der Erde, so fällt hier wie bei anderen paläozoischen Formationen die ungemein weite Verbreitung mancher Faunen auf. Der Spiriferen-Sandstein des Rheins, Englands und

[1]) Vergl. Gürich, N. Jahrb. f. Min., Beilageb. XIV, 484, 1901.

[2]) Das Amazonas-Devon u. s. Beziehungen z. ander. Devongeb. d. Erde. Sitz.-Ber. böhm. Ges. d. Wissensch. 1897. — Vergl. auch Kayser, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1897, 308.

des Bosporus, die *Calceola*-Schichten Westeuropas, Armeniens [1]) und des Gouvernements Tomsk [2]), der Stringocephalen- und Iberger Kalk Belgiens, des Urals und Canadas, vor Allem aber die Intumescens-Schichten Westeuropas und Manitobas sind dafür genügende Beweise. Dabei fällt besonders ins Gewicht, dass diese Constanz der Faunen keineswegs auf pelagische Absätze beschränkt ist, sondern sich auch bei Flachmeerbildungen (Manitoba-Kalk) wiederholen kann.

Man hat schon öfters die Verbreitung der Meere und Continente der paläozoischen Formationen auf Karten darzustellen versucht. Für das Devon sind solche Versuche in neuester Zeit von Fr. Frech, de Lapparent und Fr. Katzer gemacht worden. Die fraglichen Karten weichen aber so sehr von einander ab, dass der Werth, den solche Constructionen bei dem heutigen Stande unseres Wissens beanspruchen dürfen, daraus zur Genüge ersichtlich wird. Immerhin ist die Kenntniss der aussereuropäischen Devonbildung so weit vorgeschritten, dass wir schon jetzt mit einiger Sicherheit die folgenden beiden grossen devonischen Meeresprovinzen unterscheiden können:

1. die eurasische, die sich von Europa nach Osten über grosse Theile Nord- und Centralasiens, ja wahrscheinlich bis nach Canada (Manitoba) hinein erstreckte, und

2. die amerikanische Provinz, die sich von den Vereinigten Staaten aus nach Südamerika und von da in östlicher Richtung bis nach Südafrika ausdehnte. Vom eurasischen Ocean war der amerikanische aller Wahrscheinlichkeit nach durch einen im jetzigen Nordatlanticum liegenden breiten Landvorsprung getrennt. Dieser Vorsprung war jedenfalls nur ein Ausläufer eines grossen, von Nordeuropa nach Ostcanada hinüberreichenden Nordcontinentes, desselben Continentes, auf dem sich die Sandsteine des Old Red ablagerten.

Was speciell die europäischen Verhältnisse betrifft, so hat Ch. Barrois erst vor Kurzem ausgeführt, dass sich hier von Norden nach Süden drei verschiedene, in der Breitenrichtung weithin ausgedehnte Ablagerungszonen unterscheiden lassen:

1. die am weitesten nach Norden gelegene, grosse Theile Englands, Skandinaviens, des europäischen Russlands und Spitzbergen umfassende festländische Old Red-Region;

2. eine mittlere, die von Devonshire über die Ardennen, die nördlichen Theile des niederrheinischen Gebirges und den Oberharz nach dem polnischen Mittelgebirge verlaufend, klastische, in flachem Meere abgelagerte Gesteine und sublitorale Faunen einschliesst;

[1]) Frech u. v. Arthaber, Beitr. z. Paläont. Oesterr.-Ung. Bd. XII, Heft 4, 1900.

[2]) v. Peetz, Beitr. z. Kenntn. der Fauna d. devon. Sch. am Rande des Steinkohlenbeckens v. Kusnetzk (Westsibirien), St. Petersb. 1901.



3. eine südlichste, die von der Bretagne über den Süden des rheinischen Gebirges nach dem Unterharz, Thüringen und Böhmen verlaufend, in tieferem Meere entstandene Gesteine und mehr pelagische Faunen umfasst.

Der Umfang und die Tiefenverhältnisse der Devonmeere waren übrigens zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden. E. Suess gebührt das Verdienst, zuerst hervorgehoben zu haben, dass die Verbreitung des Unterdevon weit gegen die der jüngeren Devonbildungen zurückbleibt; dass mit Beginn der Mitteldevon-, richtiger schon gegen Ende der Unterdevonzeit, eine gewaltige Meerestransgression eintrat, deren Spuren wir in den verschiedensten Theilen der Erde verfolgen können. So in Thüringen und im europäischen Russland, wo das Unterdevon ganz oder zum allergrössten Theile fehlt, so in ausgedehnten Gebieten Sibiriens und des nördlichen Nordamerika und vor Allem in Südamerika.

Seine grösste Verbreitung erreichte das Meer in der Oberdevonzeit, und damit hängt die weltweite Verbreitung der jungdevonischen Cephalopodenkalke zusammen.

Wir lassen schliesslich noch eine Zusammenstellung der Entwickelung der Devonformation in einigen Hauptgebieten der alten und neuen Welt folgen.

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Rheinland, Belgien</th><th>Böhmen</th><th>Schottland etc.</th><th colspan="2">Nordamerika</th></tr>
<tr><td>Oberdevon</td><td colspan="2">Clymenien-Kalk, Cypridinen-Schiefer, Famenne-Schiefer, Pön- und Condroz-Sandsteine; Adorfer Goniatiten-Kalk, Iberger Kalk, Cuboides-Mergel</td><td></td><td rowspan="3">Old Red-Sandstone</td><td>Chemung
Portage</td><td>Catskill
Naples beds</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td></td><td colspan="2">Genesee und Tully beds</td></tr>
<tr><td>Mitteldevon</td><td>Stringocephalen-Kalk, Calceola-Schichten</td><td>Wissenbacher und Lenne-Schiefer</td><td>G^3
G^2
G^1 u. Mnenian-Kalk</td><td colspan="2">Hamilton beds
Marcellus beds
Onondaga-Kalk</td></tr>
<tr><td>Unterdevon</td><td colspan="2">Coblenz-Schichten</td><td rowspan="3">Konjeprus-Kalk</td><td></td><td colspan="2">Tieferes Ulsterian</td></tr>
<tr><td></td><td>Siegener Schichten</td><td>Hunsrück-Schief.
Taunusquarzit</td><td></td><td colspan="2">Oriskanian</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Gédinne-Schichten</td><td></td><td colspan="2">Helderbergian</td></tr>
</table>

Paläontologischer Charakter der Devonformation.

Der allgemeine paläontologische Charakter der devonischen Formation ist dem der silurischen noch recht ähnlich. Dies gilt besonders für die den Hauptbestandtheil der kalkigen Ablagerungen ausmachenden Korallen und Brachiopoden, die den silurischen auf den ersten Blick so ähnlich sind, dass die älteren Paläontologen die Faunen des obersilurischen Gotländer Kalkes und der mitteldevonischen Kalksteine der Eifel für gleichalterig hielten. Eine sorgfältigere Betrachtung lässt freilich bei beiden neben manchen Aehnlichkeiten bald viele wichtige Unterschiede erkennen.

Die devonischen Korallen gehören gleich den silurischen besonders den Abtheilungen der Rugosen und Tabulaten an. Unter den ersten herrschen auch hier die Cyathophylliden (mit der Hauptgattung *Cyathophyllum* [**18**, 2, 3]), unter den letzten die Geschlechter *Favosites, Alveolites, Heliolites* (**18**, 7), *Cystiphyllum* (**18**, 4) u. a. vor. Die für das Silur so charakteristische Gattung *Halysites* fehlt dem Devon; dafür treten hier als sehr bezeichnende Formen die deckeltragende *Calceola* (mit der Hauptart *sandalina* [**18**, 6]), die im rheinischen Unterdevon so verbreitete Gattung *Pleurodictyum* (Hauptart *problematicum* [**12**, 2]) und im Oberdevon *Phillipsastraea* (**21**, 8) auf.

Unter den Hydrozoen fehlen die für das Silur so bezeichnenden Graptolithen, wie es scheint, bereits ganz.

Die Echinodermen sind, ebenso wie im Silur, hauptsächlich durch Crinoiden vertreten. Besonders wichtig sind unter diesen die dem Devon eigenthümliche Gattung *Ctenocrinus* (**12**, 1) und *Cupressocrinus* (**17**, 4), letztere mit vierseitigem, von fünf Nahrungskanälen durchbohrtem Stiele. Die im Silur eine so grosse Rolle spielenden Cystideen sind im Devon schon fast gänzlich verschwunden, während die in der nachfolgenden Carbonzeit sich so reich entwickelnden Blastoideen (besonders auch die Hauptgattung *Pentremites*) im Devon noch selten sind. Von Asteroiden finden sich bereits deren beide Hauptabtheilungen, die Stelleriden und die Ophiuriden, typisch entwickelt. In besonderer Schönheit und Zahl kommen sie im Hunsrückschiefer von Bundenbach und Gemünden im Hunsrück vor.

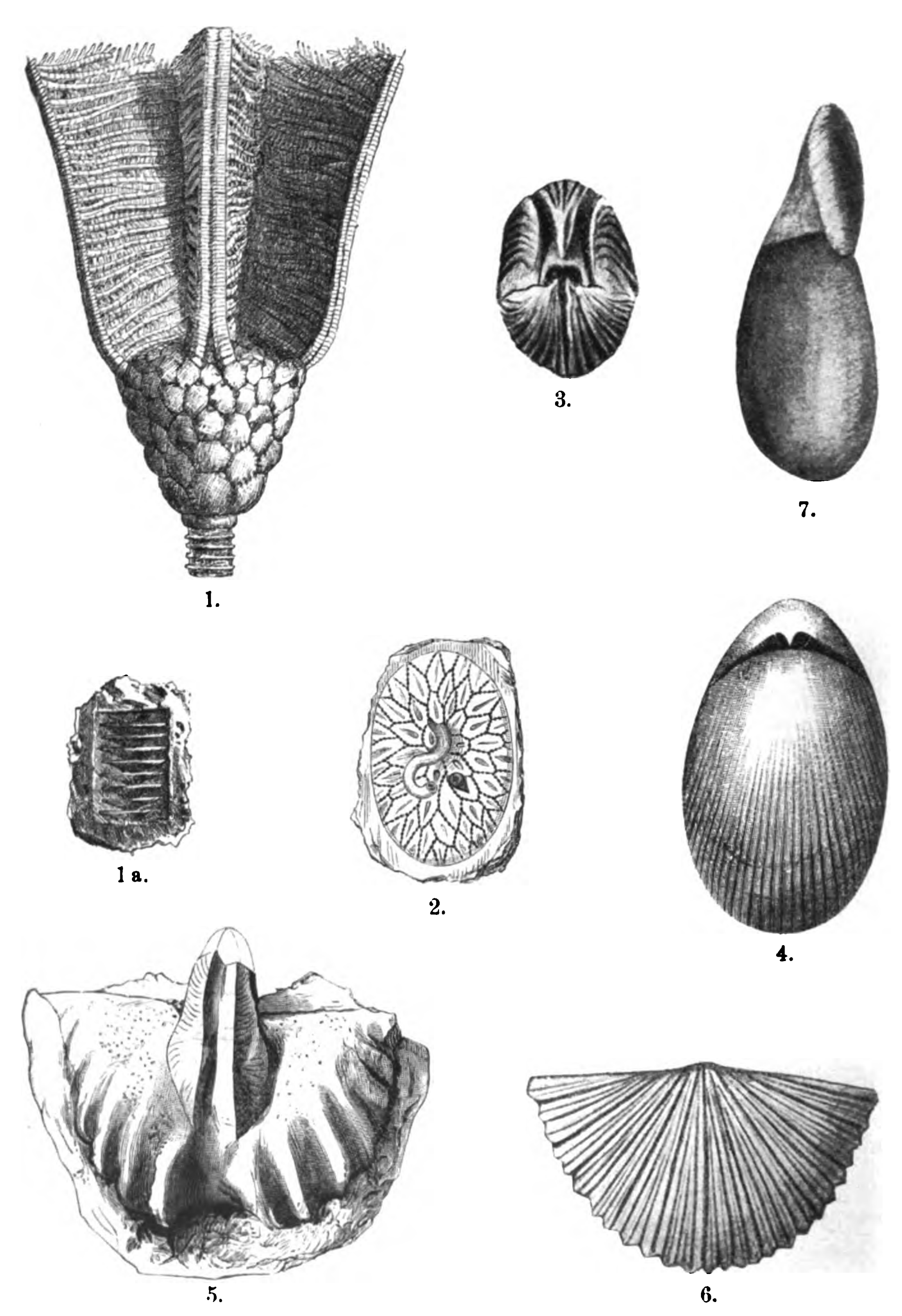
Unter den Mollusken treten durch Häufigkeit und Mannigfaltigkeit vor allen übrigen Abtheilungen die Brachiopoden hervor. Auch unter ihnen vermissen wir manche silurische Geschlechter, wie *Porambonites, Platystrophia, Orthisina* u. a. gänzlich, während *Strophomena* und auch *Orthis* erheblich zurücktreten. Dafür erscheinen als neue und zum Theil dem Devon eigenthümliche Gestalten die Terebratuliden-

Gattungen *Stringocephalus* (**16,** 8), *Rensselaeria* (**12,** 3, 4), *Meganteris* etc., der langschnäbelige *Uncites* (**16,** 4), die festwachsende *Davidsonia* und die sich erst im Carbon und Perm reicher entwickelnden Gattungen *Productus* und *Strophalosia* mit ihren mit Stachelröhren bekleideten Gehäusen. Am verbreitetsten sind die Geschlechter *Spirifer* (darunter besonders bezeichnend langgeflügelte Arten [**14,** 1; **16,** 2], sowie solche mit gespaltenen Rippen und solche, bei denen nicht nur die Seiten, sondern auch der mittlere Theil des Gehäuses gefaltet ist [**15,** 3; **15,** 4]), *Rhynchonella* (**15,** 5; **20,** 3), *Athyris* (**16,** 5), *Atrypa* (eine besonders verbreitete, durch das ganze Devon hindurchgehende, mit dem Obersilur gemeinsame Art ist *A. reticularis* — vergl. **10,** 4 —) und *Orthis*.

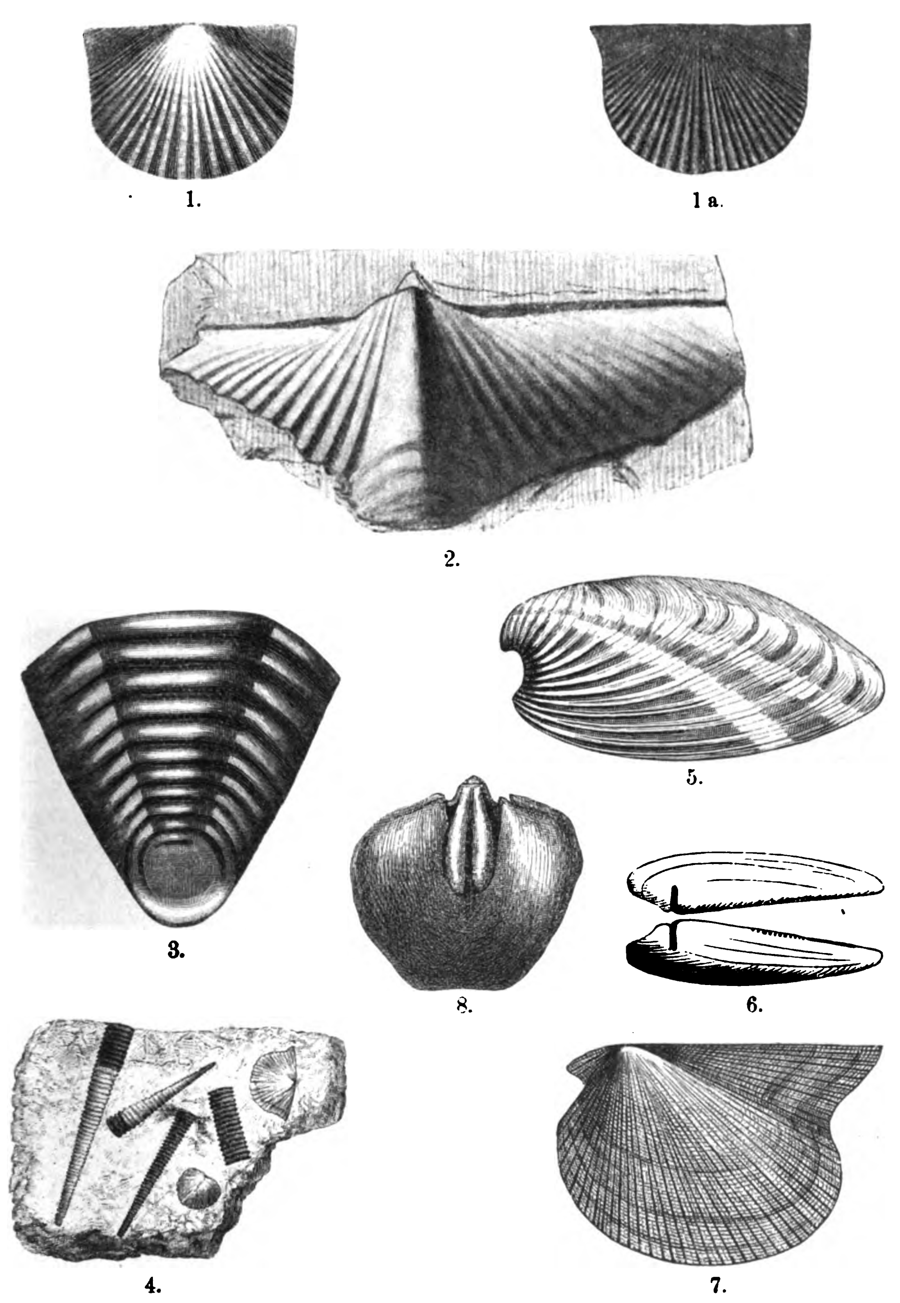
Unter den Pelecypoden sind namentlich *Pterinea* (**13,** 7; **14,** 7), *Grammysia* (**13,** 5), *Modiomorpha, Goniophora, Nucula, Leda, Buchiola* (*retrostriata* [**21,** 10] im Oberdevon), *Paracyclas* und *Megalodon* (**12,** 2) als häufige Erscheinungen zu nennen, unter den Gastropoden *Pleurotomaria* (**17,** 5), *Murchisonia* (**17,** 7), *Platyceras* (*Capulus* [**15,** 6—8]) und verwandte, *Bellerophon* u. a., während unter den Pteropoden namentlich die kleinen Styliolinen (mit glattem) und Tentaculiten (**13,** 4, mit quergeringeltem, an einem Ende spitz zulaufendem Gehäuse) in gewissen Schichten durch massenhaftes Vorkommen wichtig werden.

Die Cephalopoden sind besonders durch Gattungen vertreten, die schon im Obersilur eine Rolle spielen, wie *Orthoceras*, *Cyrtoceras*, *Gomphoceras* und *Phragmoceras*. Indess fehlen bereits einige davon, wie *Ascoceras,* während andere, wie *Gyroceras* (**17,** 8) und *Hercoceras* (*subtuberculatum* [**19,** 1] im Wissenbacher Schiefer und Ballersbacher Kalk) neu hinzutreten. Zu den wichtigsten, im Silur erst ganz vereinzelt erscheinenden Charaktergestalten des Devon aber gehören die Ammonitiden. Am wichtigsten sind unter ihnen die durch einfache, nicht zerschlitzte Suturen ausgezeichneten Goniatiten. Im Unter- und Mitteldevon sind besonders die Gattungen *Anarcestes* (*lateseptatus* [**19,** 2[u. a.), *Aphyllites* (*inconstans* u. a. [**19,** 3], *Pinacites* (**19,** 4), *Mimoceras* (*gracile*) und *Maeneceras* (*terebratum* [**17,** 3]) verbreitet, im Oberdevon *Manticoceras* (*intumescens* [**21,** 1] u. a.), *Tornoceras* (*simplex* [**20,** 6]), *Beloceras* (*multilobatum* [**20,** 5]) und *Chiloceras* (**21,** 3), *Prolecanites* (*Becheri* und *lunulicosta* [21, 2]), *Sporadoceras* (*Muensteri* [**21,** 5]). Im oberen Oberdevon Europas, des Ural und Amerikas treten die ausschliesslich auf diesen Horizont beschränkten (vor Allem durch die ihnen allein unter allen Ammonitiden zukommende Innenlage des Sipho ausgezeichneten) Clymenien (**21,** 4) auf. Als eine eigenthümliche, durch ihre stabförmige Gestalt *Orthoceras*-ähnliche, aber mit Siphonallobus versehene Gattung wäre endlich *Bactrites* (**21,** 6) zu nennen.

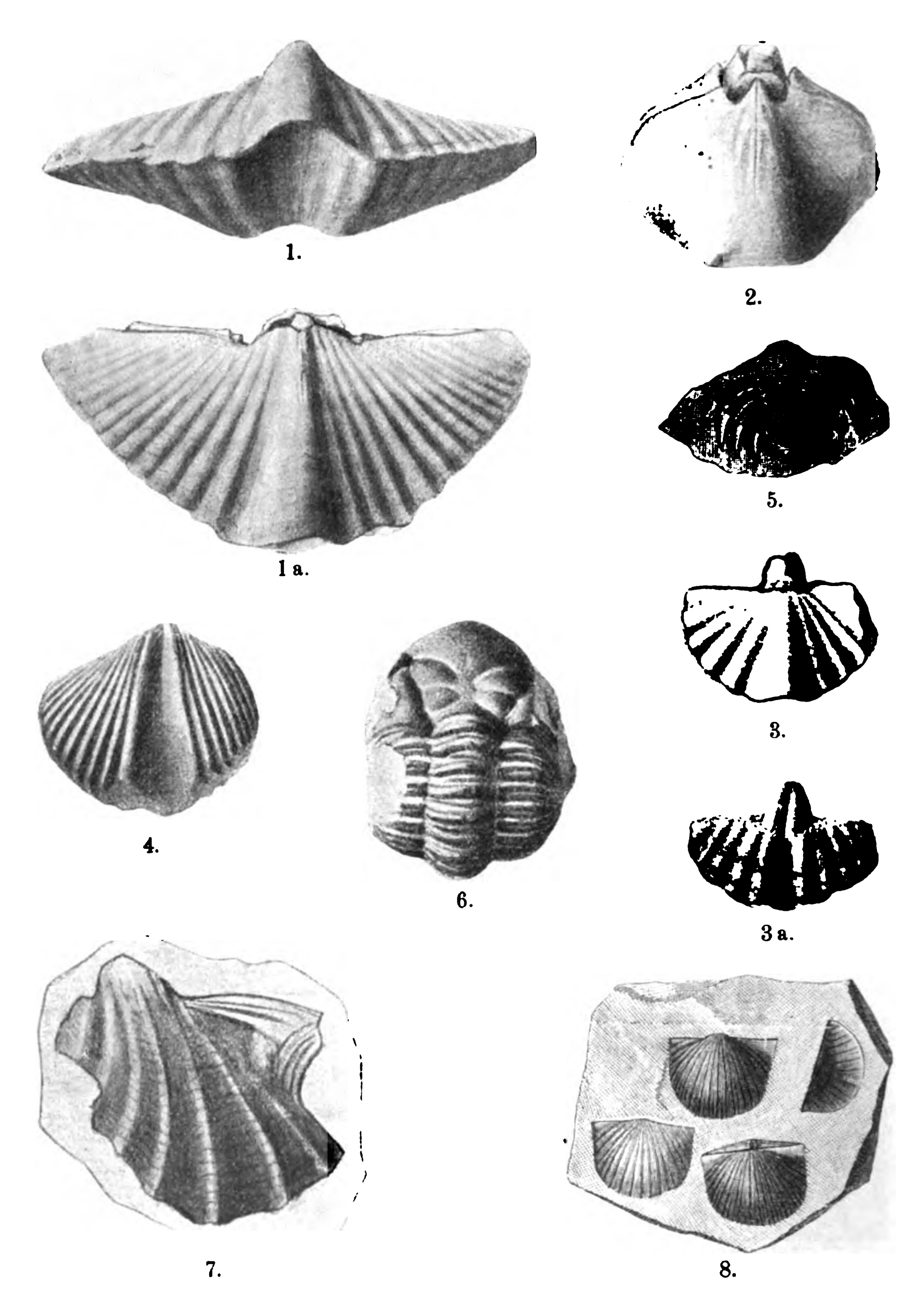
Unter den Gliederthieren spielen auch im Devon die Trilo-



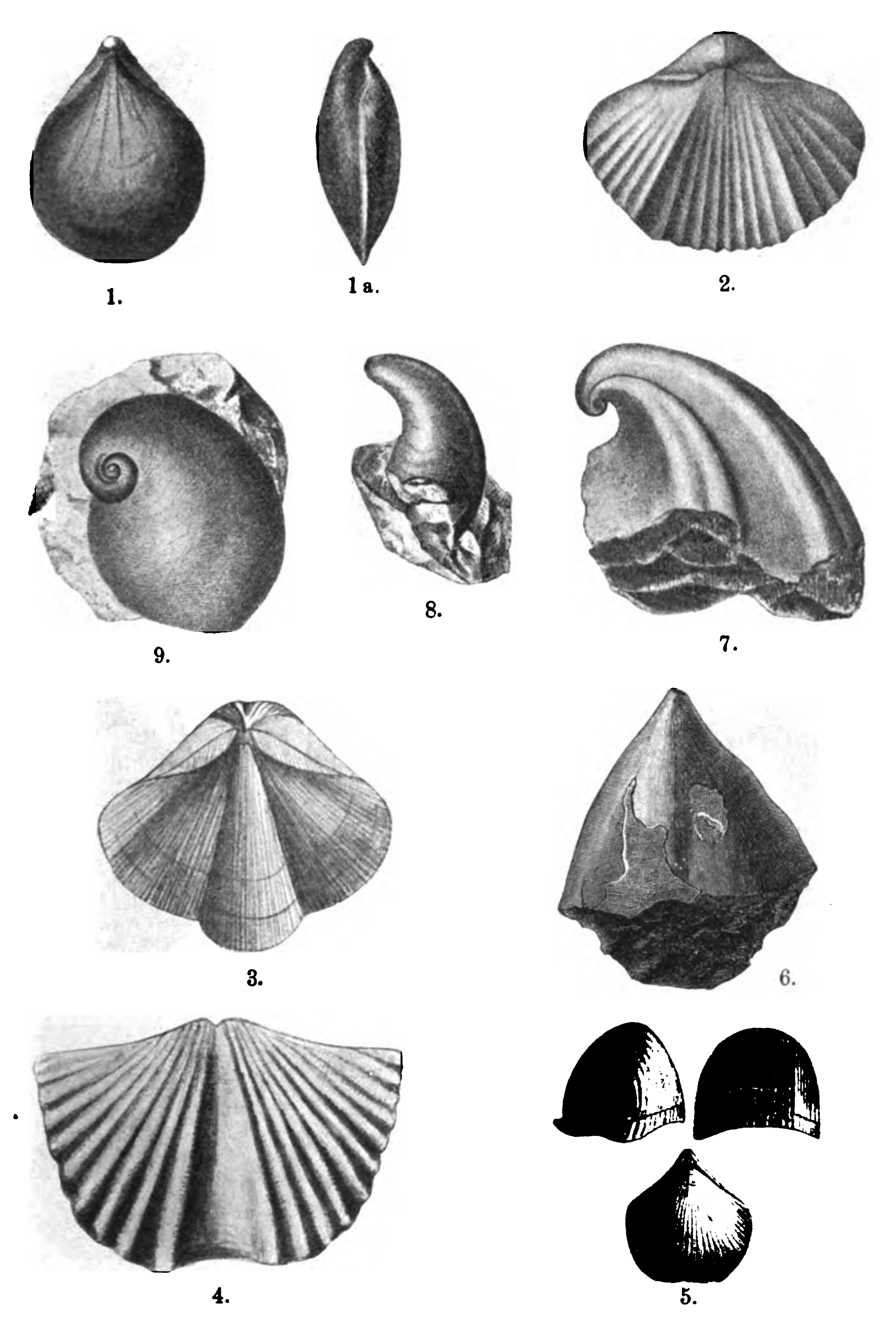
Taf. 12. Versteinerungen des tieferen Unterdevon. 1. *Ctenocrinus typus* Bronn. 1 a. Steinkern eines Säulenstückes. 2. *Pleurodictyum problematicum* Goldf. 3. *Rensselaeria crassicosta* C. Koch. 4. *Renss. strigiceps* F. Roem. 5. *Spirifer primaerus* Steining., Steink. d. gross. Klappe. 6. *Strophomena Sedgwicki* d'Arch. et de Vern. 7. *Kochia capuliformis* C. Koch.



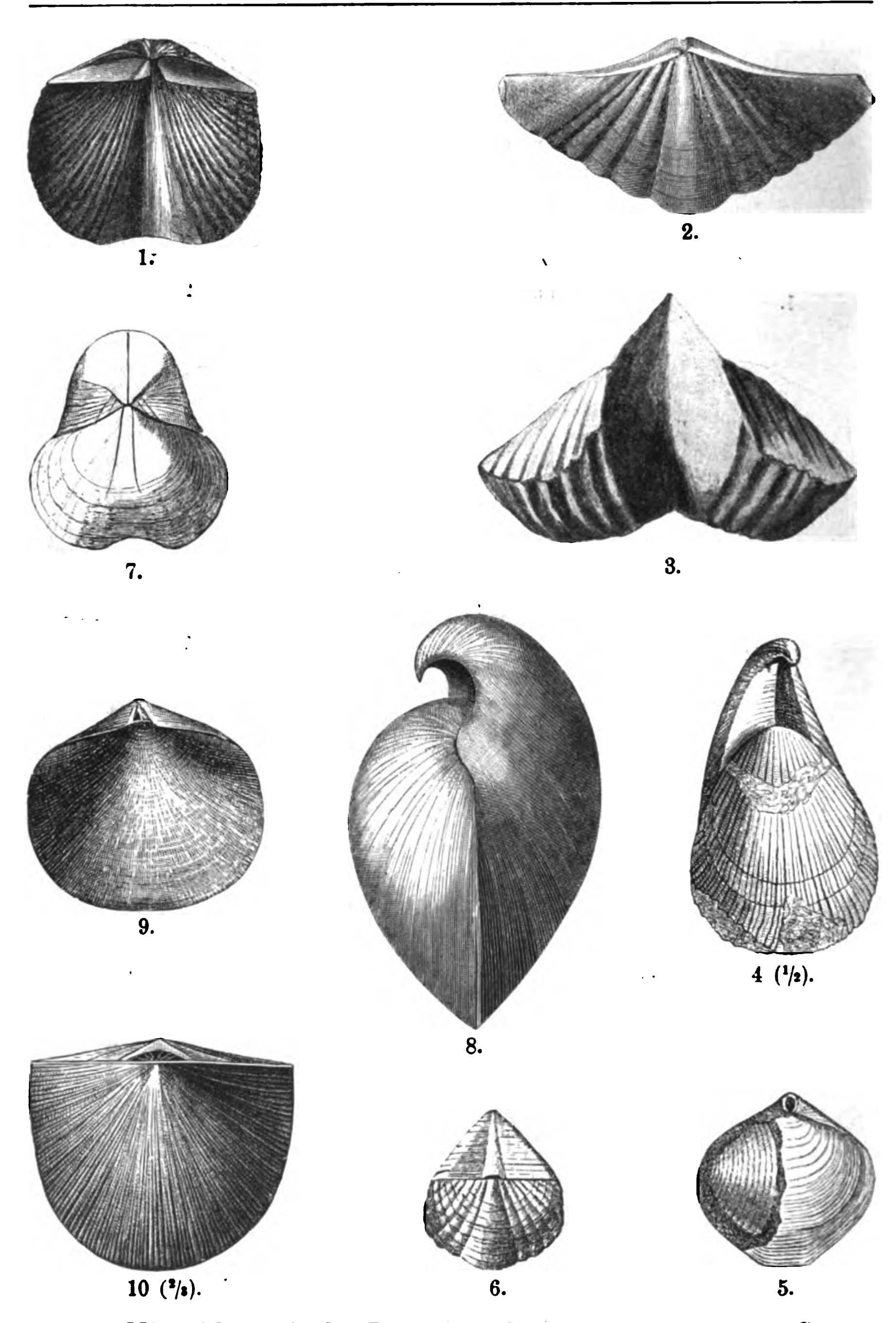
Taf. 13. Versteinerungen des Unterdevon. 1, 1 a. Grosse und kleine Klappe von *Tropidoleptus carinatus* Conr., var. *rhenana* Frech. 2. *Spirifer Hercyniae* Giebel, Steinkern der gr. Klappe von oben ges. 3. *Homalonotus crassicauda* Sandb., Schwanzklappe. 4. *Tentaculites scalaris* Schloth. auct. 5. *Grammysia anomala* Goldf. 6. *Cucullella solenoides* Goldf. 7. *Pterinea lineata* Goldf. 8. *Orthis hysterita* Gmel., Steink. d. gr. Kl.



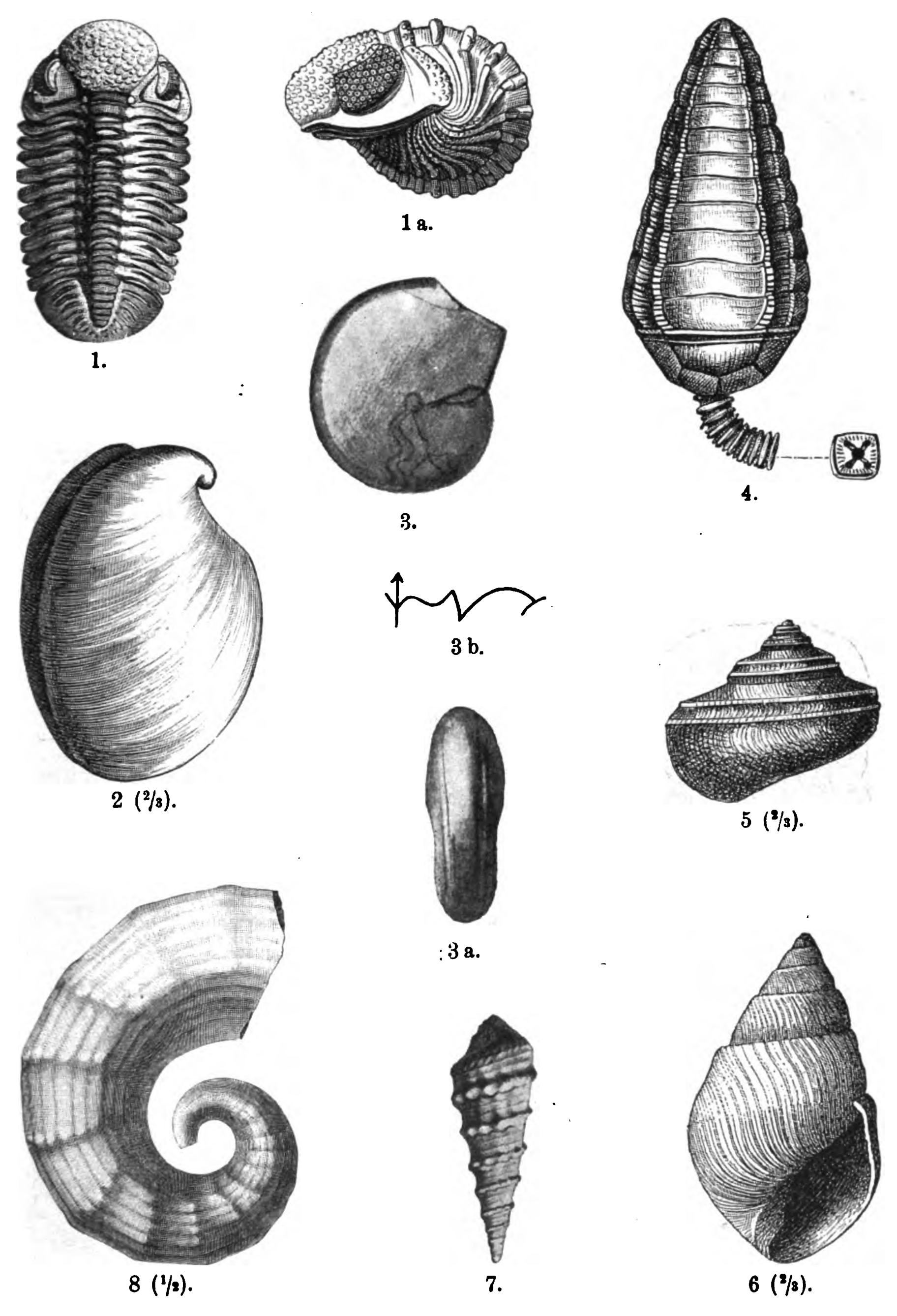
Taf. 14. Versteinerungen des höheren Unterdevon. 1, 1a. *Spirifer paradoxus* Schloth., Stirn- und Dorsalansicht. 2. *Athyris undata* Defr., Dorsalans. d. Steinkernes. 3, 3a. *Spirifer arduennensis* Schnur, Ventral- und Dorsalans. d. Steinkernes. 4. *Spirifer carinatus* Schnur, Steinkern d. gr. Kl. 5. *Cryphaeus laciniatus* F. Roem., Schwanzklappe. 6. *Cryph. Lethaeae* Kays. 7. *Pterinea costata* Goldf. (Sculpturkern). 8. Gesteinsstück mit *Chonetes plebeja* Schnur.



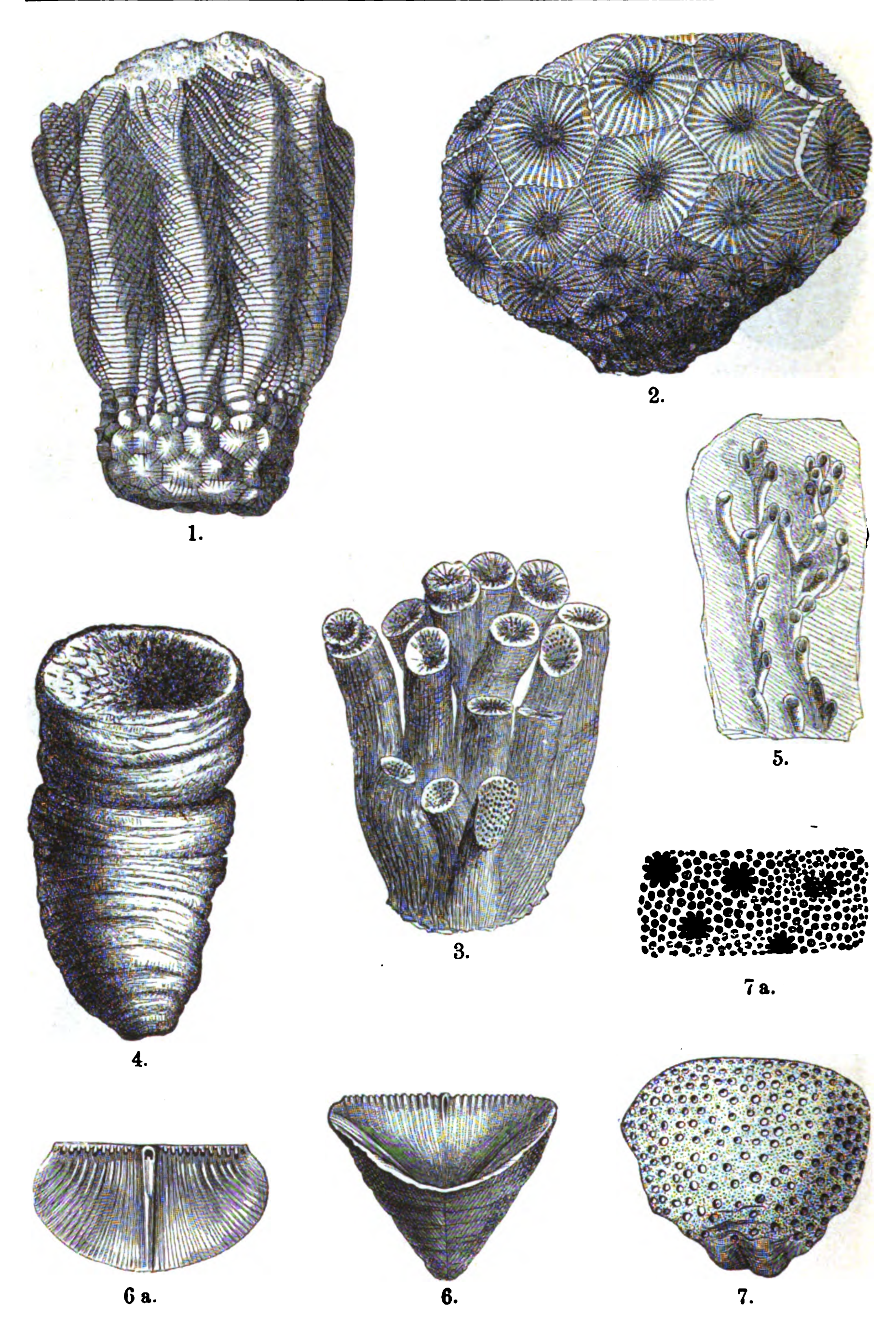
Taf. 15. Versteiner. d. kalkigen Unterdevon (Hercyn). 1, 1 a. *Terebratula melonica* Barr., Dorsal- u. Seitenans. 2. *Pentamerus Sieberi* v. Buch. 3. *Spirifer togatus* Barr. 4. *Sp. Decheni* Kays. 5. *Rhynchonella Henrici* Barr. 6. *Platyceras (Capulus) selcanum* Giebel. 7. *Pl. multiplicatum* Gieb. 8. *Pl. Zinkeni* A. Roem. 9. *Pl. naticoides* A. Roem.



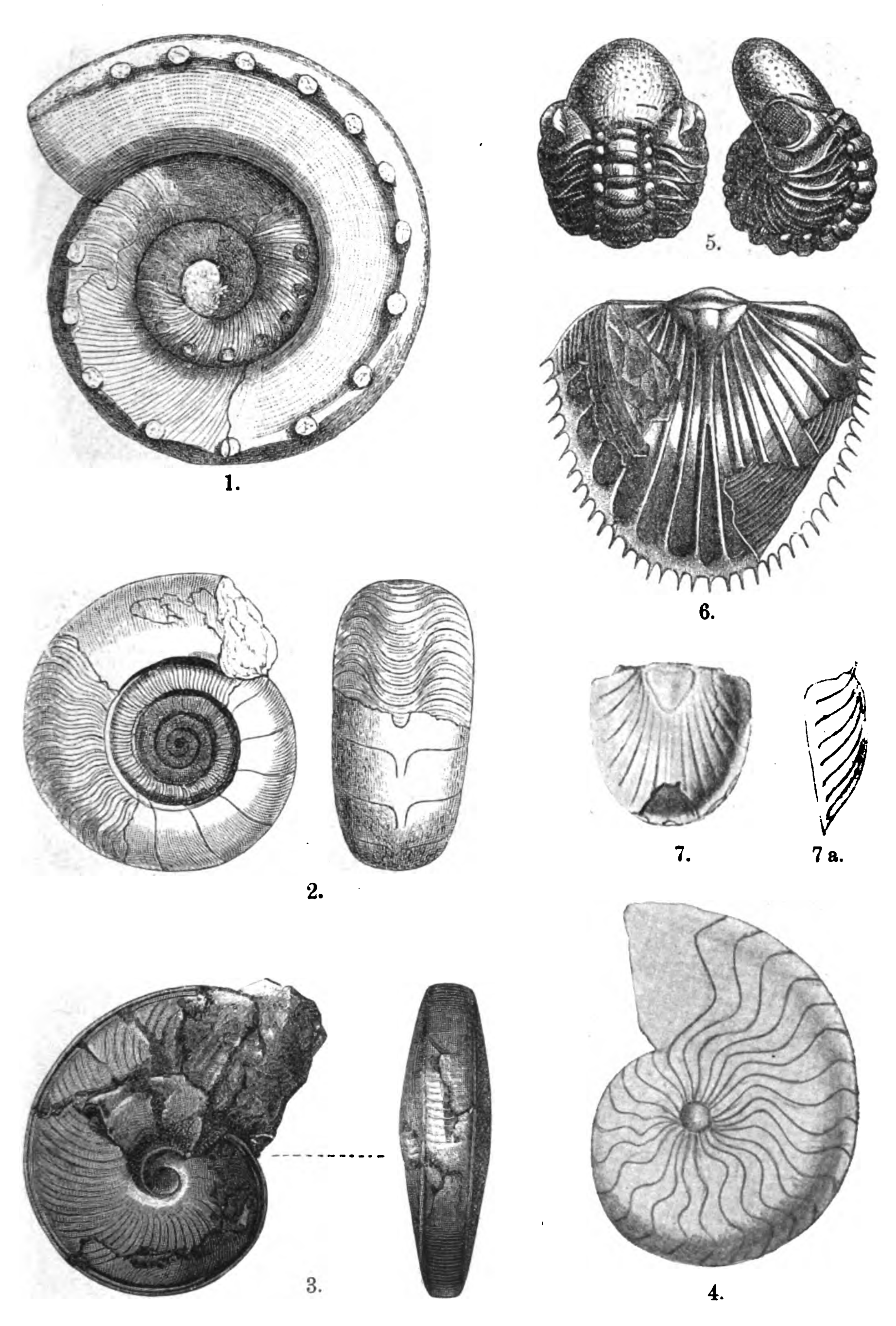
Taf. 16. Mitteldevonische Brachiopoden. 1. *Spirifer ostiolatus* SCHLOTH. 2. *Spirifer speciosus* aut. 3. *Spirifer cultrijugatus* F. ROEM. 4. *Uncites gryphus* DEFR. 5. *Athyris concentrica* v. BUCH, mit zum Theil fortgebrochener Dorsalklappe. 6. *Cyrtina heteroclita* DEFR. 7. *Pentamerus galeatus* DALM. 8. *Stringocephalus Burtini* DEFR. 9. *Orthis striatula* SCHL. 10. *Orthothetes umbraculum* SCHL.



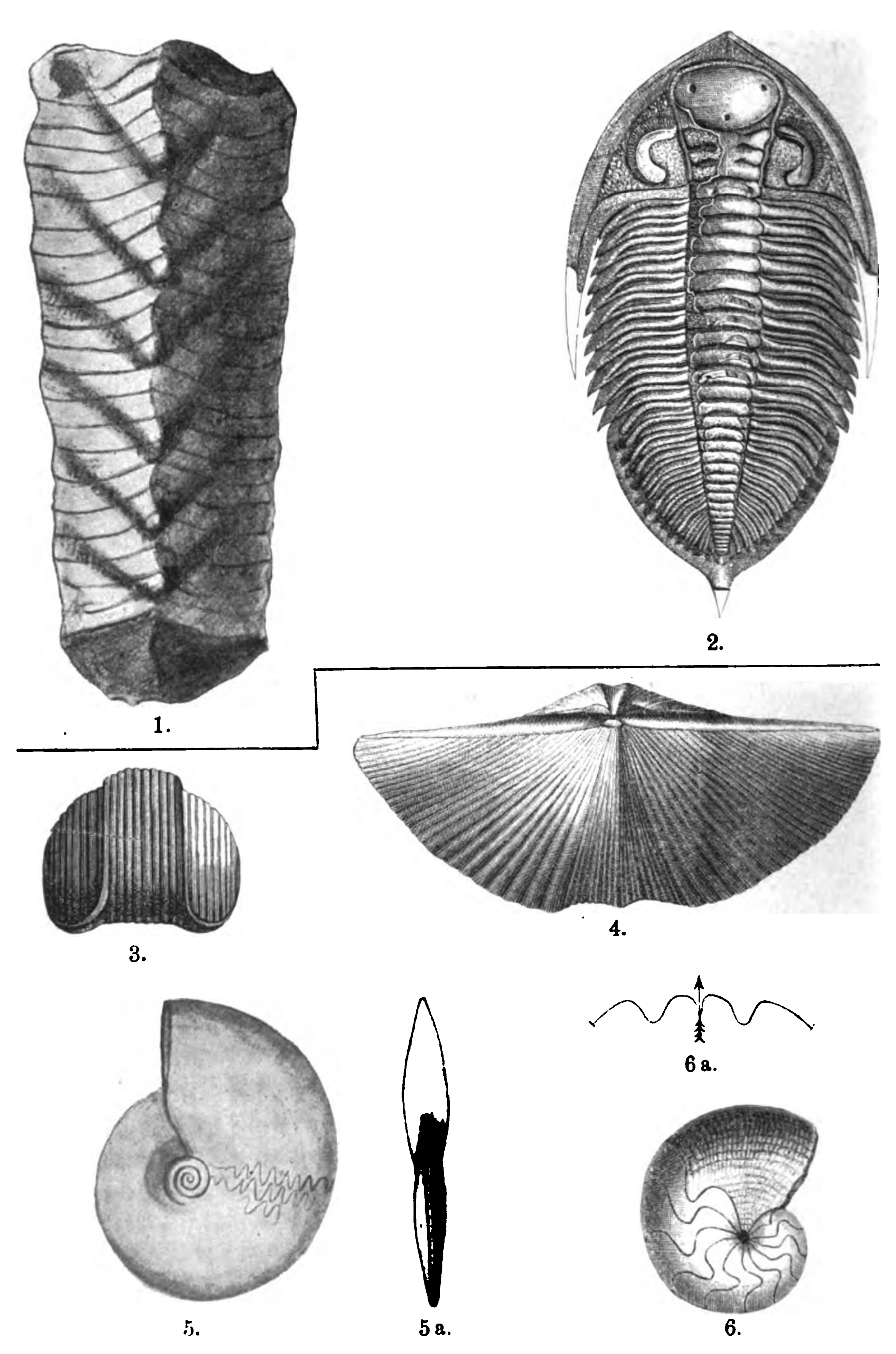
Taf. 17. Mitteldevonische Versteinerungen. 1. *Phacops Schlotheimi* Bronn. 1 a. Ders. zusammengerollt. 2. *Megalodus cucullatus* Goldf. 3, 3 a. *Maeneceras terebratum* Sandb. 3 b. Suturlinie. 4. *Cupressocrinus crassus* Goldf. 5. *Pleurotomaria delphinuloides* Goldf. 6. *Macrochilina subcostata* Schloth. 7. *Murchisonia binodosa* d'Arch. et de Vern. 8. *Gyroceras nodosum* Goldf.



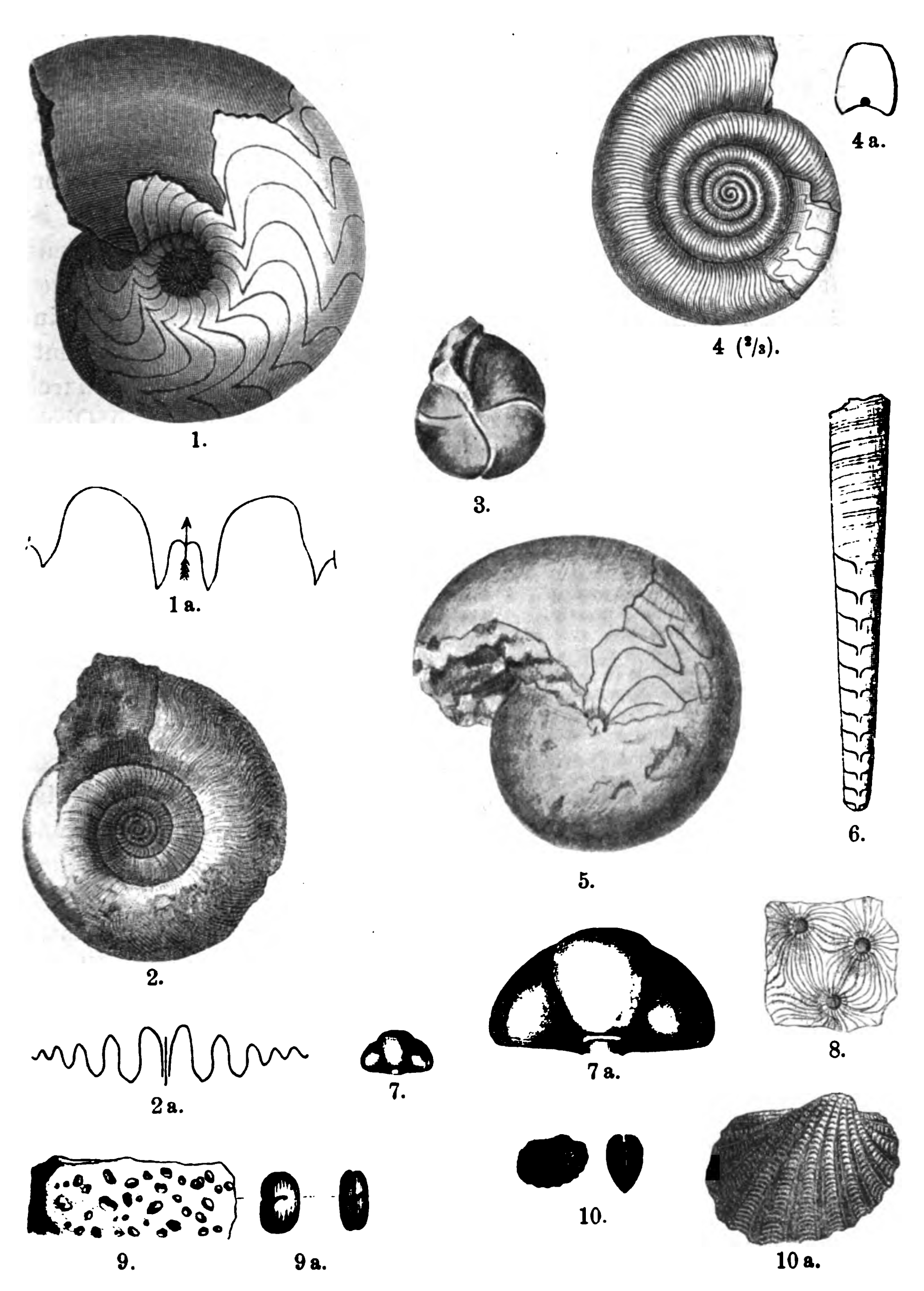
Taf. 18. Mitteldevonische Korallen und Crinoiden. 1. *Rhodocrinus crenatus* Goldf. 2. *Cyathophyllum hexagonum* Goldf. 3. *Cyathophyll. caespitosum* Goldf. 4. *Cystiphyllum vesiculosum* Goldf. 5. *Aulopora tubaeformis* Goldf. 6. *Calceola sandalina* Lam. 6 a. Deckel. 7. *Heliolites porosa* Goldf. 7 a. Oberfläche vergr.



Taf. 19. Versteinerungen des pelagischen Mitteldevon. 1. ***Hercoceras subtuberculatum*** **Sandb.** 2. ***Anarcestes lateseptatus*** **Beyr.** 3. ***Aphyllites occultus*** **Barr.** 4. ***Pinacites Jugleri*** **A. Roem.** 5. ***Phacops cephalotes*** **Barr.** 6. ***Bronteus speciosus*** **Corda** (= ***thysanopeltis*** **Barr.**), Schwanzschild. 7, 7 a. ***Bronteus Dormitzeri*** **Barr.**



Taf. 20. Versteinerungen des pelagischen Mitteldevon (1, 2) und des Oberdevon (3—6). 1. *Jorellania triangularis* D'ARCH. et DE VERN. 2. *Dalmania (Odontochile) rugosa* CORDA. 3. *Rhynchonella cuboides* SOW. 4. *Spirifer Verneuili* MURCH. 5, 5a. *Beloceras multilobatum* BEYR. 6. *Tornoceras simplex* V. BUCH. 6a. Sutur.



Taf. 21. Oberdevonische Versteinerungen. 1. *Goniatites (Manticoceras) intumescens* Beyr. 1 a. Sutur. 2. *Prolecanites lunulicosta* Sandb. 2 a. Sutur. 3. *Chiloceras subpartitum* Münst. 4. *Clymenia undulata* v. Münst. 4 a. Querschnitt d. Gehäuses. 5. *Sporadoceras Münsteri* v. Buch. 6. *Bactrites elegans* Sandb. 7. *Phacops (Trimerocephalus) anophthalmus* Frech. 7 a. Vergr. 8. *Phillipsastraea Hennahi* Lonsd. 9. *Entomis serratostriata* Sandb. 9 a. Vergr. 10. *Buchiola retrostriata* v. Buch. 10 a. Vergr.

biten die Hauptrolle, wenn sie gleich nicht mehr in der Häufigkeit und Mannigfaltigkeit auftreten wie im Silur. Besonders wichtig sind auch hier die Phacopiden. Ausser der Hauptgattung *Phacops* (im Mittel- und Oberdevon besonders *Ph. latifrons* und *Schlotheimi* [**17**, 1] im Unterdevon und im älteren pelagischen Mitteldevon *Ph. fecundus* und Verwandte [**19**, 5]) gehören dazu noch *Cryphaeus* und *Dalmania*. *D.* ist besonders in Böhmen sowie im Helderbergian und im Onondagakalk Nordamerikas durch grosse Gestalten aus der Verwandtschaft des *D. Hausmanni* (Untergattung *Odontochile* [**20**, 2]) reichlich vertreten. Die bis ins Oberdevon hinaufreichende Gattung *Cryphaeus* (**14**, 5, 6) ist im Wesentlichen gebaut wie *Dalmania;* nur das Schwanzschild weicht durch 11 lappige oder dornförmige, randliche Anhänge ab. Aus dem Obersilur setzen ins Devon fort *Homalonotus*, *Proetus*, *Harpes*, *Cheirurus*, *Acidaspis*, *Cyphaspis*, *Lichas* und *Bronteus*, als Seltenheiten auch *Arethusina* und *Calymmene*. Unter den *Bronteus*-Formen zeigen einige bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten: so ist der im Mitteldevon verbreitete *Br. speciosus* = *thysanopeltis* (**19**, 6) durch dornförmige Anhänge am Rande der Schwanzklappe ausgezeichnet (Unterg. *Thysanopeltis*). Auch die devonischen *Cheirurus*-Arten weichen von den silurischen im Bau der Glabella ab (Unterg. *Crotalocephalus*). Eigenthümlich ist für das Devon die mit *Proetus* verwandte Gattung *Dechenella*.

Von nichttrilobitischen Krustern wären einmal die schon früher (S. 114) aus dem Obersilur erwähnten Eurypteriden als auch im Devon (besonders im Old Red) vorhanden zu nennen, sodann die kleine *Entomis (Cypridina) serratostriata* (**21**, 9) als eine im europäischen Cypridinen-Schiefer massenhaft verbreitete Form.

Die Wirbelthiere waren auch im Devon nur durch die Klasse der Fische vertreten; diese zeigen aber zum Theil so grosse Eigenthümlichkeiten, dass die devonische Fauna vor Allem durch sie ihren besonderen Stempel erhält. Die Hauptrolle spielen Formen aus der Verwandtschaft der heutigen Ganoiden. Es gehören hierher einmal die schon im obersten Silur auftretenden merkwürdigen Cephalaspiden und Pteraspiden. Daneben war namentlich die in der heutigen Lebewelt besonders durch *Polypterus* vertretene eigenthümliche Gruppe der Crossopterygier entwickelt, bei der die beschuppten Brust- und Bauchflossen mit einer Knochenaxe versehen waren. Die Schwanzflosse war meist ungleichklappig (heterocerk), wobei sich die Wirbelsäule bis in die Spitze des grösseren oberen Schwanzlappens fortsetzte. Hierher gehören *Holoptychius* (Fig. 25), *Osteolepis* u. a. Eine Hauptrolle unter den devonischen Fischen aber kam den Panzerganoiden oder Placodermen zu, den merkwürdigsten Fischen, die je gelebt haben. Alle zeichnen sich dadurch aus, dass der Kopf und der Vordertheil des Rumpfes durch grosse,

meist sternförmig sculpturirte Knochenplatten geschützt waren, während der Hintertheil des Körpers mit rhombischen Schmelzschuppen bedeckt war. Zu diesen namentlich im Old Red häufigen, aber vereinzelt auch in den normalen Devonbildungen auftretenden Formen gehört vor allen die kleine, besonders abenteuerlich aussehende, bei ihrer ersten Auffindung als Uebergangsglied zwischen Fisch und Vogel gedeutete Gattung *Pterichthys* (Fig. 25) mit flügelähnlichen, ebenfalls gepanzerten Brust-

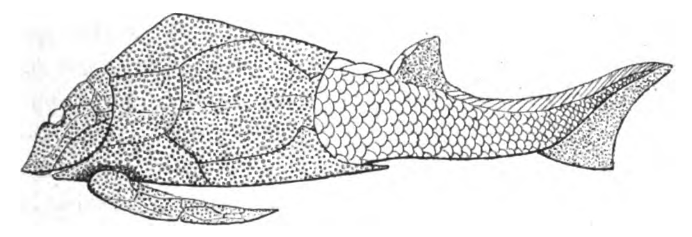


Fig. 24. ***Pterichthys Milleri*** Agass. Schottischer Old Red, nach Traquair.

flossen. Nahe verwandt waren *Asterolepis* und *Bothriolepis*. Ferner gehören (wenigstens nach gewöhnlicher Auffassung) hierher der weit verbreitete *Coccosteus*, sowie die riesige *Dinichthys*.

Ausser den Placodermen waren im Devon auch schon die merkwürdigen, zugleich Kiemen- und Lungenathmung besitzenden, in der Jetztwelt durch die Gattung *Ceratodus* vertretenen Dipnoër vorhanden — zu ihnen gehört z. B. *Dipterus*; und endlich setzten sich auch die

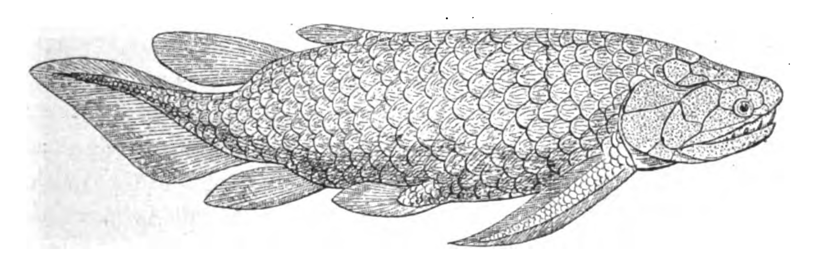


Fig. 25. ***Holoptychius Flemingi*** Agass. Schottischer Old Red, nach Traquair.

schon im Silur auftretenden Haie oder Squaliden mit verschiedenen Familien in die Devonzeit fort.

Die Flora der Devonformation bietet nur wenig Bemerkenswerthes. Zu den marinen Tangen gehört der im rheinischen Unterdevon häufige *Haliserites Dechenianus*, wie vielleicht auch der eigenthümliche, spiralgedrehte *Fucoides cauda galli*. Die spärliche, bis jetzt bekannte Landflora zeigt im Allgemeinen Culm-artigen Charakter. Eine der am weitesten verbreiteten Gattungen war *Psilophyton*.

D. Carbonische Formation.

Allgemeines und Geschichtliches.

Mit dem Namen Steinkohlen- oder Carbonformation wird eine im Einzelnen sehr mannigfaltig aus Conglomeraten, Sandsteinen, Grauwacken, Schieferthonen, Thonschiefern, Kalken, Mergeln und Steinkohlen zusammengesetzte Schichtenfolge belegt, die an vielen Stellen eine Mächtigkeit von 4000 m und darüber erreicht und ihre normale Stellung über der Devon- und unter der Permformation hat. In vielen Gebieten, wie in England, Belgien, Westfalen und Russland, liegen die carbonischen Ablagerungen gleichförmig und ohne jede Unterbrechung über dem jüngsten Devon. Ebenso gehen sie mehrfach, wie im Saargebiet, in Böhmen, Russland und Texas, nach oben ohne jede scharfe Grenze in die Permbildungen über. Diese innige Verbindung mit dem Devon und Perm ist freilich keineswegs überall zu finden; vielmehr wurde an vielen Punkten die Sedimentation gleich nach Ablagerung der unteren Carbonbildungen unterbrochen, so dass das Obercarbon gar nicht mehr zum Absatz gelangte, sondern — wie am ganzen Ostrande des rheinischen Schiefergebirges — über den gefalteten Untercarbonschichten mit ungleichförmiger Auflagerung sogleich viel jüngere Bildungen (Zechstein) folgen. An anderen Stellen, wie bei Pilsen, St. Etienne u. s. w., fehlt umgekehrt die ganze untere Hälfte des Kohlengebirges, und es ruht hier oberes Carbon unmittelbar auf altpaläozoischen oder archäischen Gesteinen auf.

Der Name Kohlenformation (terrain bituminifère [Omalius d'Halloy, 1808], houiller oder carbonifère; carboniferous system [Conybeare]) stammt aus der Zeit, als man noch glaubte, dass jede Formation ganz bestimmte, nur ihr zukommende Gesteine besässe. Wie man damals die Oolithe als charakteristisch für die Ablagerungen der Jurazeit, die Grauwacke für solche der paläozoischen Aera ansah, so glaubte man auch, dass die Steinkohle wesentlich bezeichnend für die Bildungen der Carbonzeit sei. Diese Ansicht ist jetzt längst verlassen worden. Was insbesondere die Steinkohle betrifft, so wissen wir, dass sie auch in verschiedenen anderen Formationen, so in der Lettenkohle, im Rhät, im Wealden u. s. w. vorkommt; immerhin aber bleibt richtig, dass Steinkohlenlager in keiner anderen Formation in ähnlicher Häufigkeit, Verbreitung und Mächtigkeit vorhanden sind wie in der carbonischen, so dass der Name Steinkohlenformation noch heute nicht unberechtigt erscheint.

Wie die Benennung, so gehen auch die Gliederungsversuche der Carbonformation bis in die ersten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts

zurück. Nachdem solche zuerst von Omalius in Belgien gemacht worden, theilten Conibeare und Phillips das nordenglische Carbon bereits in den 20er Jahren in der noch bis auf den heutigen Tag üblichen Weise in eine untere kalkige Abtheilung, den Mountain oder Carboniferous limestone, und eine obere, kohlenführende Folge, die Coal measures (W. Smith, 1817) mit dem sie unterlagernden Millstone grit[1]). Dass auch die gleichalterigen Ablagerungen des Festlandes übereinstimmend zusammengesetzt seien, dass sich auch hier eine namentlich in Belgien mächtig entwickelte, untere, kalkige Abtheilung, der Kohlenkalk, und eine obere, sandigschiefrige, kohlenführende Serie unterscheiden liesse, erkannte man sehr bald. Allein erst in der zweiten Hälfte der 30er Jahre gelangten Murchison und Sedgwick zu der Erkenntniss, dass die untere Abtheilung nicht überall durch Kohlenkalk vertreten sei, dass vielmehr — wie sie zuerst für Devonshire und später auch für die Rheingegend nachwiesen (vergl. S. 120) — statt seiner vielfach sandig-schiefrige, als besonders charakteristische Leitmuschel *Posidonia Becheri* einschliessende Bildungen entwickelt seien, welche die genannten Forscher mit dem englischen Localausdruck Culm measures bezeichneten.

Für derartige, namentlich in Deutschland weit verbreitete sandigschiefrige Aequivalente des Kohlenkalkes ist der Name Culm seit den 50er Jahren allgemein üblich geworden. Gewöhnlich wird der Culm im Gegensatz zu dem als Tiefseebildung aufgefassten Kohlenkalk als Ufer- und Flachmeerbildung angesehen. Holzapfel hat aber mit Recht auf die Unwahrscheinlichkeit dieser Anschauung, wenigstens in ihrer Ausdehnung auf den gesammten Culm, hingewiesen. Die zahlreichen Riffkorallen, dickschaligen Gastropoden und grossen Brachiopoden des Kohlenkalks, gegen welche die Cephalopoden sehr zurücktreten, weisen gewiss eher auf ein seichtes als ein tiefes Meer hin. Umgekehrt darf die eintönige und arme Fauna der Posidonien-Schiefer mit ihren Goniatiten und den dünnschaligen Posidonien viel eher als Hochseegebilde gedeutet werden. Für die in manchen Gegenden so verbreiteten cephalopodenreichen Knollenkalke des Culm, sowie für die mit diesen eng verbundenen Kieselschiefer, die durch ihren Reichthum an Radiolarien und Spongienresten lebhaft an den Globigerinenschlamm der heutigen Tiefsee erinnern, erscheint diese Deutung sogar als die allein zulässige. Nur die groben, conglomeratischen, zahlreiche Landpflanzenreste führenden Culm-Grauwacken müssen wohl nach wie vor als Küstenbildungen betrachtet werden.

Die sich auf diese Weise ergebende Zweitheilung der Carbonformation hat sich jetzt als allgemein gültig erwiesen. Für das Untercarbon wird, namentlich in Amerika, gern der Name Subcarbon ge-

[1]) Conybeare u. Phillips, Outlines of the geology of England and Wales, 1828.



braucht, während das Obercarbon in Deutschland vielfach mit einem durch von Dechen eingeführten bergmännischen Ausdruck als productives (flötzführendes) Carbon bezeichnet wird.

In ganz Deutschland, Belgien, Nordfrankreich und England schliesst nur der Kohlenkalk eine reiche und mannigfaltige Marinfauna ein, während die productiven Schichten entsprechend ihrer Entstehung in festländischen Sümpfen und Lagunen zwar massenhafte Ueberreste von Landpflanzen und mitunter auch von Landthieren, aber nur äusserst sparsame Reste von marinen Organismen enthalten. Man hat lange geglaubt, dass dem auf der ganzen Erde so sei. Erst in der zweiten Hälfte der 70er Jahre brach sich allmählich die wichtige Erkenntniss Bahn, dass gewisse im europäischen Russland weit verbreitete, früher immer mit dem westeuropäischen Kohlenkalk verglichene Gesteine in Wirklichkeit nicht diesem, sondern unserem productiven Carbon äquivalent seien[1]). Man hat diesen eine reiche marine Fauna besitzenden Obercarbonkalk im Unterschied vom ächten untercarbonen Kohlenkalk als jüngeren Kohlenkalk oder auch, nach dem sehr bezeichnenden massenhaften Auftreten von Fusulinen, als Fusulinenkalk bezeichnet. Man weiss jetzt, dass dieser keineswegs bloss auf Russland beschränkt ist, sondern mit sich allenthalben wesentlich gleich bleibender, mehrfache permische Anklänge zeigender Fauna eine ungeheure, über das ganze südliche und östliche Asien und den westlichen Theil von Nordamerika reichende Verbreitung besitzt und sich spurenweise auch in Südeuropa wieder findet. Da sich in Russland und einzelnen Gegenden Nordamerikas eine weitere Abweichung von den westeuropäischen Verhältnissen darin ausspricht, dass dort das Untercarbon flötzführend ist, so lässt sich die Gliederung und Faciesentwickelung der Carbonformation ganz allgemein durch nachstehendes Schema versinnbildlichen:

	Continentale Entwickelung	Marine Entwickelung	
Obercarbon.	Oberes productives Kohlengebirge	Jüngerer Kohlen- oder Fusulinenkalk	
Untercarbon.	Unteres productives Kohlengebirge	Unterer Kohlenkalk	Culm

---

[1]) Vergl. v. Möller, Sur la composition et les divisions générales du système carbonifère. Congrès internat. de Géologie de Paris, 1880, S. 111.

Ein anderer, in den letzten Jahrzehnten gemachter Fortschritt betrifft die Gliederung der Carbonformation nach ihren Floren. Man war schon lange darauf aufmerksam geworden, dass die (besonders durch das Vorwiegen der Lepidodendren [Sagenarien] und Sphenopteriden ausgezeichnete) Flora des Culm sich nicht unerheblich von derjenigen des productiven Carbon unterscheidet. In den 50er Jahren aber stellte Geinitz [1]) auf Grund seiner Studien über die Vertheilung der Pflanzen im sächsischen Kohlengebirge auch für das dortige Obercarbon 4 „Vegetationsgürtel“ und zwar in aufsteigendem Sinne die Sigillarien-, Calamiten-, Annularien- und Farn-Zone auf, statt welcher er später nur 2 Stufen, nämlich die der Sigillarien und die der Calamiten und Farne annahm. Die drei, sich auf diese Weise für die gesammte Carbonformation ergebenden Florenstufen, von unten nach oben die Sagenarien-, die Sigillarien- und die Calamarien- und Farn-Stufe, haben nun aber, wie die Forschungen von E. Weiss, Stur, Zeiller, Grand' Eury u. A. gelehrt haben, nicht allein für Sachsen, sondern für ganz Mittel- und Westeuropa Gültigkeit und lassen sich sogar in Nordamerika, China und anderweitig wiedererkennen.

Im Saargebiete entsprechen der Sigillarienstufe die Saarbrücker Schichten von E. Weiss, der Calamarienstufe dessen Ottweiler Schichten. Ebenso in Schlesien der Sigillarienstufe die Schatzlarer, der Calamarienstufe die Radowenzer Schichten, während eine dritte dort entwickelte, an der Basis des Obercarbon liegende Schichtenfolge, die Waldenburger Schichten Stur's, dem oberen Theil der Sagenarienstufe zufallen [2]).

In Frankreich theilt man jetzt nach Lapparent's Vorgang das gesammte Carbon in 3 Abtheilungen ein: 1. das Dinantien (nach der belgischen Stadt Dinant) für das untere Carbon (Kohlenkalk); 2. das Westfalien bezw. Moscovien für die continentale bezw. marine Entwickelung des „mittleren“ Carbon, und 3. das Stéphanien (nach St. Etienne) bezw. Uralien für die continentale bezw. marine Entwickelung des oberen Carbon. Der belgische Geologe Stainier hat letzthin zu diesen 3 Abtheilungen noch eine vierte, das Namurien hinzugefügt, und zwar für die bisher als ältestes Obercarbon classificirten Bildungen (die Ampelite von Chokier in Belgien, die Gannister Schiefer und den Millstone grit Englands u. s. w.). Auch die Waldenburger Stufe Schlesiens

[1]) Geogn. Darstell. d. Steinkohlenform. in Sachsen, 1856.

[2]) Noch detaillirtere Eintheilungen der carbonischen Schichtenreihe nach ihrer Flora sind in neuester Zeit von Grand' Eury (de Lapparent, Traité de géologie, 4. Aufl., S. 880) und von Potonié (Florist. Glieder. d. deutsch. Carbon u. Perm. Abh. d. pr. geol. Landesanst. 1896) vorgeschlagen worden.

hat dasselbe Niveau. Es würde sich daraus folgende Gliederung der Formation ergeben:

		Saargebiet	Schlesien	Westfalen	Französ. Bezeichn.
Obercarbon.	Oberes	Ottweiler Sch.	Radowenzer Sch.	Flötzführende Schichten	Uralien bezw. Stéphanien
	Mittleres	Saarbrücker Sch.	Schatzlarer Sch.		Moscovien bezw. Westfalien
	Unteres	—	Waldenburger Sch.	Flötzleer. Sandst. u. Alaunschiefer (?)	Namurien
Untercarbon.		—	Culm bezw. Kohlenkalk		Dinantien

Die Carbonperiode war für die alte Welt eine Zeit grosser Krustenbewegungen, die weitgehende Veränderungen in der Vertheilung von Festland und Meer zur Folge hatten. Im mittleren und westlichen Europa traten diese Bewegungen nach Schluss der Culmzeit ein, um sich mit abnehmender Stärke durch die ganze Obercarbon- und Permzeit fortzusetzen. Im Herzen unseres Continentes thürmte sich damals ein gewaltiges Faltengebirge, die paläozoischen Alpen Europas auf, dessen letzte Reste die zahlreichen alten faltigen Gebirgsrümpfe der deutschen, französischen und englischen Mittelgebirge bilden. Den westlichen, von Irland über Wales und Südengland bis zum französischen Centralplateau reichenden Theil dieses Hochgebirges hat E. Suess[1]) als das armorikanische Gebirge bezeichnet, den östlichen Theil, der sich von Südfrankreich über die Vogesen und den Schwarzwald nach dem Thüringerwald, Harz, Fichtelgebirge, Böhmen und den Sudeten, ja vielleicht noch weiter nach Osten hin erstreckte, als die variscischen Alpen. Auch die Faltung des Uralgebirges begann in der jüngeren Carbonzeit, um in der nachfolgenden Permperiode ihren Höhepunkt zu erreichen. Ja bis nach Hocharmenien und Centralasien hat man die Spuren der damals eingetretenen faltenden und gebirgsbildenden Bewegungen verfolgen können.

Hand in Hand mit diesen Dislocationen ging das Hervortreten ungeheurer Massen von Eruptivgesteinen, besonders von Graniten, daneben auch von Porphyren und Porphyriten. Die granitischen Gesteine des

[1]) Antlitz der Erde, Bd. II, 1888, S. 42.

Harzes, des Thüringerwaldes, des sächsischen Erzgebirges, der Vogesen und anderer Gebiete sind obercarbonischen Alters. Auch ausserhalb Deutschlands spielen carbonische Granite und andere Eruptivgesteine eine ansehnliche Rolle, so in Bretagne, Cornwall, Schottland (Fig. 26), bei Kristiania u. s. w. Ausserhalb Europas fanden nach v. Richthofen namentlich in China am Ende der Carbonperiode die allergrossartigsten Eruptionen von Melaphyr, Porphyrit und Quarzporphyr statt.

Ueber die Vertheilung von Wasser und Land in der Carbonzeit sei Folgendes bemerkt: Die Verbreitung der Festländer und Meere war wahrscheinlich im Allgemeinen derjenigen der vorangegangenen Periode ziemlich ähnlich. Insbesondere bestand auch zu jener Zeit noch das grosse centrale Mittelmeer, das sich vom heutigen Mittel-

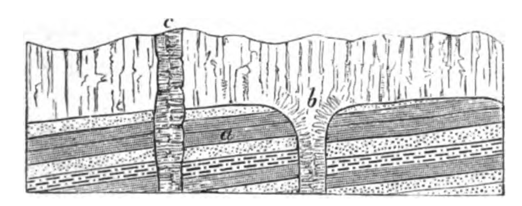


Fig. 26. Profil an der Westküste von Arran. Nach F. Zirkel.
a Untercarbonische Schiefer und Sandsteine. *b* Grobkörniger, sich nach oben zu einer mächtigen Decke ausbreitender carbonischer Diabas. *c* Gang von sehr feinkörnigem Diabas.

meere einerseits nach Centralamerika, andererseits über Südasien nach dem nach gewöhnlicher Annahme schon damals vorhandenen pacifischen Ocean ausdehnte. Dieses Mittelmeer, Suess' Thetys, bildete die Scheide zwischen einem gewaltigen, von Europa über Nordasien nach Nordamerika hinüberreichenden Nordcontinente und einem sich von Südamerika über Afrika nach Austral-Indien erstreckenden Südcontinente.

Im Allgemeinen lässt sich aussprechen, dass auf die Zeit der ausserordentlichen Meeresverbreitung am Ende der Devonperiode mit Beginn des Carbon in vielen Gebieten ein Rückzug des Meeres eintrat. Dieser Rückzug setzte sich im westlichen Europa und im östlichen Nordamerika auch während des Obercarbon fort, während umgekehrt in derselben Zeit ansehnliche Flächen im Norden des heutigen europäischen Russland und von Nordsibirien vom Meere überfluthet wurden.

Das Klima der Carbonperiode muss mild und feucht und von wunderbarer Gleichartigkeit gewesen sein. Womit dies zusammenhängt,

lässt sich noch nicht mit Bestimmtheit sagen [1]; jedenfalls aber steht fest, dass die carbone Flora sich mit erstaunlicher Gleichförmigkeit vom Aequator bis nach Südaustralien und bis weit über den nördlichen Polarkreis hinaus (Bäreninsel, Spitzbergen) und von Europa einerseits durch ganz Asien, andererseits bis nach Nordamerika ausdehnte. Nach allgemeinem Urtheil weist ihre ganze Zusammensetzung auf ein mindestens frostfreies Klima bis in die Polarregion hinein hin. Einen ganz ähnlichen Schluss hat man auch aus der Beschaffenheit der carbonischen Meeresfauna gezogen, die nicht nur in ihrer pelagischen Gestalt, sondern auch in den Brachiopoden-, Gastropoden-, Crinoiden- und Korallen-Ablagerungen der Flachsee an den entferntesten Punkten der Erde eine geradezu überraschende Gleichartigkeit aufweist.

Was die Bildungsweise der Steinkohlenflötze betrifft, so stellt man sich diese jetzt meist als eine Art Wald-Moorbildung vor, vergleichbar derjenigen der Cypressensümpfe (swamps) im Süden der Vereinigten Staaten (Alabama etc.). Jedenfalls geht die Meinung der besten Phytopaläontologen jetzt dahin, dass weitaus die meisten weit ausgedehnten und mächtigen Steinkohlenlager nicht, wie man früher anzunehmen pflegte, aus zusammengeschwemmten, sondern aus an Ort und Stelle gewachsenen Pflanzen entstanden sind. Schon die auffallende Reinheit der meisten Kohlenflötze, d. h. ihre fast völlige Freiheit von erdigen Beimengungen, spricht für diese Annahme, die überdies durch verschiedene andere wichtige Thatsachen gestützt wird. So durch das häufige Vorkommen aufrecht stehender, mit ihren Wurzeln noch im ursprünglichen Untergrunde haftender Baumstümpfe; und so besonders durch die fast immer divergent-radiale Anordnung der wurzelförmigen Anhänge (Appendices) der Stigmarien, die nach dem Urtheil der Phytopaläontologen mit der Vorstellung eines Vorkommens der Stigmarien auf sekundärer Lagerstätte ganz unvereinbar sein würde, weil jene zarten, häutigen Anhänge bei einem Herausheben aus dem Mutterboden unfehlbar zusammengefallen wären und durch nichts mehr in ihre ursprüngliche,

---

[1] Arrhenius hat neuerdings den Versuch gemacht, die Gleichförmigkeit des carbonischen Klimas aus der Annahme eines erheblich höheren Kohlensäuregehaltes und eines dadurch gesteigerten Wärmeerhaltungsvermögens der Atmosphäre zu erklären. Dieser Versuch erscheint auf den ersten Blick um so bestechender, als der angenommene höhere Kohlensäuregehalt bei der grossen Lebhaftigkeit der vulkanischen Vorgänge während der Carbonzeit leicht verständlich sein und seinerseits die wunderbare Ueppigkeit der damaligen Flora gut erklären würde. Zudem würde man sich berufen können auf die grosse Aehnlichkeit der Verhältnisse der Tertiärzeit, die ebenfalls eine Periode gewaltiger Gebirgsbildung, sehr gesteigerter vulkanischer Thätigkeit und eines milden Klimas bis in hohe Breiten hinauf war. Leider aber scheinen Arrhenius' Untersuchungen nach den neuesten Arbeiten von Ångström kein volles Vertrauen zu verdienen.



senkrecht vom Stigmarienstamm abstehende Lage hätten zurückgebracht werden können [1]).

Weitausgedehnte Kohlenlager haben sich somit wohl zumeist auf Grund einer örtlichen Vegetation gebildet; sie sind autochthoner Entstehung. Nur für kleinere Kohlenvorkommen ist die Annahme einer Entstehung aus zusammengeschwemmten Pflanzenresten, einer allochthonen Bildung, wahrscheinlicher. Die weiten, flachen, randlichen Niederungen der aus dem Meere hervortauchenden Continente boten mit ihren umfangreichen Sümpfen und Lagunen besonders günstige Bedingungen für die Bildung grosser und mächtiger Kohlenlager. Da jene Niederungen meist in der Nähe der Küste lagen, so konnten vorübergehende Einbrüche des Meeres und im Zusammenhange damit eine zeitweise Bedeckung der Moore mit Lagen mariner Sedimente leicht eintreten. So erklären sich unschwer die im flötzführenden Gebirge Englands, Westfalens, Schlesiens und anderer Gebiete nicht seltenen Einlagerungen von Schichten mit marinen Fossilien inmitten der herrschenden limnischen, keine Meerthierreste enthaltenden Ablagerungen.

Verbreitung und Entwickelung der carbonischen Formation.

Centrales und westliches Europa.

Grossbritannien. In keinem anderen Gebiete Europas besitzt die Carbonformation eine so grosse Ausdehnung wie in England. Sie ist hier sowohl im eigentlichen England und in Wales als auch in Schottland und Irland verbreitet.

Das Untercarbon ist in diesen Gegenden ganz überwiegend als Kohlenkalk ausgebildet; nur in Devonshire tritt statt dessen Culm auf.

Im südwestlichen England (abgesehen von Devonshire) besteht das Untercarbon aus einer Folge von Schiefern und Kalken, die in der Gegend von Bristol in eine untere, überwiegend mergelig-schiefrige, und eine obere, überwiegend kalkige Abtheilung, den eigentlichen dickbankigen bis massigen Kohlenkalk zerfällt. Die über diesem folgende schiefrig-kalkig-sandige Yoredale-Serie muss entgegen dem bisherigen Brauch als tiefstes Obercarbon betrachtet werden [2]).

[1]) Vergl. Potonié, Lehrb. d. Pflanzenpaläont. 1899, S. 335.

[2]) Wie W. Hind (Geol. Magaz. 1897, 159) gezeigt hat, sind nur die Yoredale-Schichten von Wensleydale (Yorksh.) oberster Kohlenkalk, während die sonstigen so bezeichneten Schichten von S-Yorkshire, Lancashire, Derbyshire u. s. w. über dem Kohlenkalk liegen und die Fauna der Ganistergruppe des Obercarbon enthalten.

Dringt man ins centrale England (Derbyshire, Nord-Wales) vor, so entwickelt sich der Kalk immer mehr auf Kosten der liegenden Schiefer. Noch weiter nördlich aber schieben sich zwischen die Kalkbänke Lagen von Mergeln und Sandsteinen ein, die allmählich immer stärker werden, bis in Northumberland die ganze Schichtenfolge aus einem Wechsel von Sandsteinen, Mergelschiefern und Kalken mit darin eingebetteten Kohlenflötzen besteht.

Noch weiter nach Norden endlich tritt der Kalk fast ganz zurück, während umgekehrt die Kohlen immer mehr zunehmen, so dass in Schottland eine Schichtenfolge vorhanden ist, die von den englischen Geologen folgendermaassen eingetheilt wird:

Carboniferous Limestone series	Obere Kalkgruppe. Mittlere Kohlen- und Eisensteingruppe. Untere Kalkgruppe.
Calciferous Sandstone series	Obere oder Cämentsteingruppe. Untere oder Rothsandsteingruppe.

Von diesen beiden Abtheilungen ist die untere, der über 1000 m starke, kohlenführende Kalksandstein, der Hauptvertreter des schottischen Untercarbon, während von der oberen, kaum halb so mächtigen Kalkserie ein grosser Theil der Yoredale-Gruppe entsprechen und gleich ihr dem Obercarbon zufallen muss.

In Irland wird der bei weitem grösste Theil des Landes von Kohlenkalk eingenommen. Es macht sich hier in der Richtung nach Norden ein ähnlicher Wechsel in der petrographischen Zusammensetzung geltend wie in England. In den südlichen Theilen des Landes liegt, wie bei Bristol, unter dem Kalk eine Zone von Schiefern und Mergeln (der „Carboniferous Slate"). In Clarke, Tipperary und Queen's county besteht die Schichtfolge aus fast 1000 m geschlossenem Kalk mit Hornsteineinlagerungen. Noch weiter nach Norden dagegen nimmt der Kalk mehr und mehr ab, bis endlich auf Antrim sich eine der südschottischen sehr ähnliche Zusammensetzung entwickelt.

In paläontologischer Beziehung zeigt der besonders in Irland sehr versteinerungsreiche [1]) Kohlenkalk eine weitgehende Uebereinstimmung mit dem festländischen, namentlich dem belgischen Kohlenkalk. Auch in Grossbritannien bildet die obere Abtheilung ein unzweifelhaftes Aequivalent der belgischen Viséstufe und ist wie diese in erster Linie durch den grossen *Productus giganteus*, daneben durch *Pr. corrugatus = cora* auct. gekennzeichnet, während die untere, an Crinoidenkalken reiche Abtheilung der Tournaistufe (mit *Spirif. tornacensis*) vergleichbar ist [2]).

---

[1]) M'Coy, Synopsis of the carbonif. limestone fossils of Ireland, 1844.

[2]) Vergl. Lohest, Ann. soc. géol. d. l. Belgique, XXII, 1895, 7. — W. Hind, Geolog. Magaz. 1898, 61.

Die sogen. Culm measures von Devonshire bestehen in ihrer unteren Abtheilung aus einem Wechsel von dunklen Thonschiefern und Sandsteinen, radiolarienführenden Kieselschiefern und unreinen Kalken, die als leitende Versteinerungen *Posidonia Becheri*, Goniatiten (*sphaericus* [20, 5] und *mixolobus*) und *Orthoceras striolatum* führen. Die obere Abtheilung der Culm measures ist ausschliesslich aus dunklen Sandsteinen und Schieferthonen, sowie in der Nähe der unteren Grenze aus unreinen Kohlenflötzen (Culm) zusammengesetzt und wird vielfach als ein Aequivalent des Millstone grit betrachtet.

Das Obercarbon beginnt in Derbyshire, Yorkshire und anderweitig mit einer Zone von Schiefern, die früher als „Yoredale-Schichten" dem Untercarbon zugerechnet wurden, aber nach ihrer Fauna schon Hind's obercarboner Stufe mit *Aviculopect. papyraceus* angehören (siehe unten). Darüber folgt der Millstone grit, ein grober, von Schiefern und Conglomeraten begleiteter Sandstein, der im Allgemeinen 120 bis 360 m mächtig, örtlich zu sehr viel grösserer Dicke (in der penninischen Kette bis 1700 m) anschwellen kann. Ausser Landpflanzen enthält er hie und da Fischreste, Cephalopoden (*Glyphioc. reticulatum*, *Orthoc. giganteum*), Brachiopoden (*Prod. undatus* etc.), *Posidonia* u. a. m.

Ueber diesem Sandstein liegt endlich eine örtlich bis 3000 m mächtig werdende Folge von Schieferthonen, Sandsteinen und Kohlenflötzen, die in England schon lange als Coal measures bezeichnet wird. Sie bildet eine Reihe von Becken, die ursprünglich zusammengehangen haben mögen, die aber durch spätere Faltungen — eine nord-südlich und eine ost-westlich verlaufende — und nachfolgende Denudation in getrennte Kohlenfelder verwandelt worden sind. Die grössten und wichtigsten sind: 1. das von Bristol und Somerset, 2. das von Süd- und 3. das von Nordwales, 4. das von Staffordshire, 5. das von Yorkshire, Nottingham und Derbyshire, 6. das von Lancashire, 7. das von Northumberland und Durham und 8. das von Cumberland. Dazu kommt dann noch in Südschottland das vom Clydeflusse (Fig. 27).

In den südwestlichen Feldern zerfällt die Schichtfolge in eine untere Abtheilung, die aus Sandstein, Schieferthon, Kohlen und in Südwales auch aus Eisenstein besteht, eine mittlere, die besonders aus Sandstein (Pennant grit) aufgebaut, und eine obere, die wiederum aus Sandstein, Schieferthon und Kohlen zusammengesetzt ist.

Im centralen England besteht die untere Abtheilung aus Schiefern und Sandsteinen mit schwachen Kohlenflötzchen und wiederholten Zwischenlagen mit marinen Fossilien. Die mittlere liefert die grosse Masse der Kohle und enthält Lagen mit zahlreichen Anthracosien (*Najadites* etc.). Die oberste endlich besteht aus Thonen und mürben

Sandsteinen, die keine oder nur wenige Kohlenflötze enthalten und besonders durch kalkige Bänke mit *Spirorbis* gekennzeichnet sind. Als

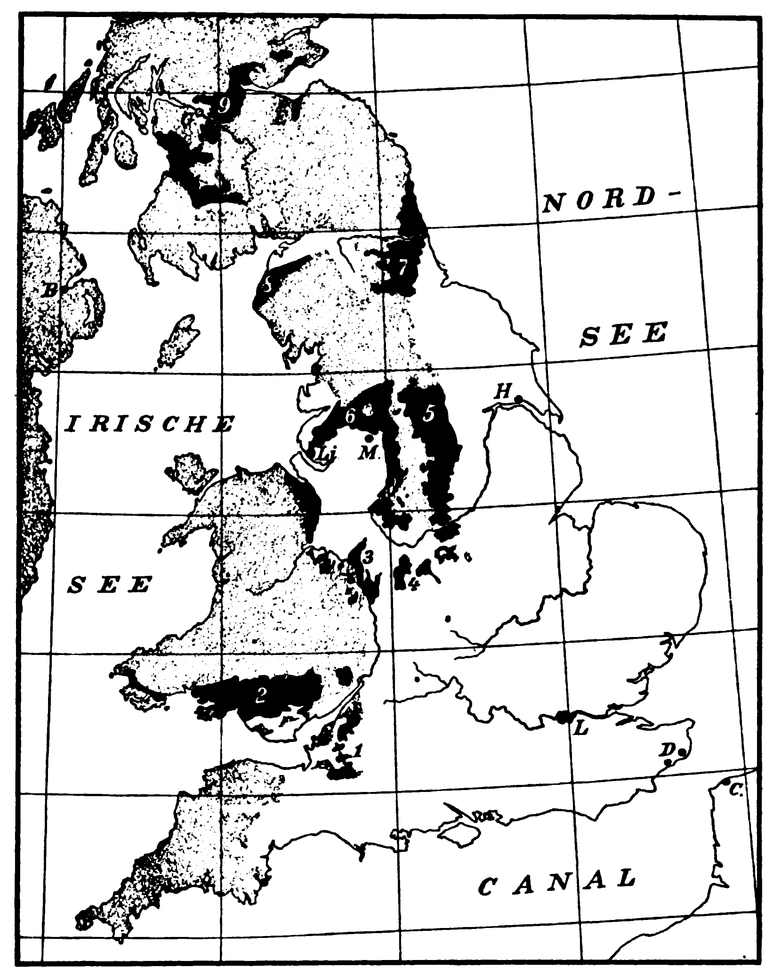


Fig. 27. Uebersichtskärtchen der Verbreitung des flötzführenden Kohlengebirges in England und Südschottland. Maassst. ung. 1 : 7000000. Schwarz flötzführendes, grau älteres, weiss jüngeres Gebirge. *1* Kohlenfeld von Bristol-Somersetshire; *2* von Südwales; *3* von Nordwales; *4* von Staffordshire; *5* von Yorkshire-Derbyshire; *6* von Lancashire; *7* von Durham-Northumberland; *8* von Cumberland; *9* vom Clyde. *B* Belfast, *C* Calais, *D* Dover, *E* Edinburgh, *G* Glasgow, *H* Hull, *Li* Liverpool, *L* London, *M* Manchester.

typisch für diesen Theil von England darf das Kohlenfeld von Süd-Lancashire gelten, wo die Schichten folgendermaassen eingetheilt werden:

Obere (Ardwick) Abtheilung. Schieferthone, Sandsteine und Kalke mit *Spirorbis*, *Anthracomya*, Fischresten und schwachen Kohlenflötzen. 500 bis 600 m.

Mittlere Abtheilung. Sandsteine, Schieferthone, Thone und starke Kohlenflötze, Zwischenlagen mit *Najadites*, *Anthracomya* etc. 900—1200 m.
Untere Abtheilung (Ganister Serie). Schiefer, Schieferthone und schwache Flötze mit Einlagerungen von *Aviculopecten papyraceus*, *Glyphioceras diadema* (= *striolatum*) und *Listeri*, *Orthoceras*, *Nautilus*, *Posidoniella* etc.

Auch in Northumberland und Durham ist die Entwickelung eine ganz ähnliche, nur dass die obere Abtheilung dort nicht vollständig entwickelt zu sein scheint.

In Schottland ist der Millstone grit in gleicher Weise ausgebildet wie in England. Die Coal measures zerfallen in eine untere Abtheilung von Sandstein, Schieferthon, Kohle u. s. w. und eine obere von rothem Sandstein und Thonen mit *Spirorbis*-Kalk. Zwischen beiden Abtheilungen ist eine kleine Ungleichförmigkeit zu beobachten.

In der Hauptsache enthalten die Coal measures nur Reste von Landpflanzen und Land- und Süsswasserthieren (Kruster, Insecten, Spinnen, Tausendfüsser, Fische, stegocephale Amphibien); in der unteren Abtheilung aber treten, wie schon bemerkt, auch Lagen mit marinen Conchylien auf, während in den beiden oberen nur solche mit Brack- oder Süsswassermollusken (*Najadites*, *Anthracomya*, *Carbonicola*) vorhanden sind.

W. Hind unterscheidet für jede der drei Abtheilungen nach ihrer Fauna eine besondere Stufe und rechnet der untersten Stufe nicht nur die Ganister-Schichten, sondern auch den Millstone grit und die ihn unterlagernden (fälschlich als Yoredale-Schichten bezeichneten) Schiefer zu[1]:

Obercarbon:
- **Oberes oder Stufe mit *Anthracomya Phillipsi*.** Obere Kohlenformation. Schichten von Lancashire, Yorkshire, Staffordshire, Bristol, einschliesslich der *Spirorbis*-Kalke.
- **Mittleres oder Stufe mit *Najadites modiolaris* und *Anthracomya*.** Mittlere kohlenführende Abtheilung.
- **Unteres oder Stufe mit *Aviculop. papyr.*, *Glyphioc. diadema*, *Posidoniella* etc.** Ganister-Sch., Millstone grit und liegende Schiefer.

Nordfrankreich, Belgien und Rheinland. In den Mendip Hills tauchen die Schichten des Bristoler Kohlenfeldes mit östlichem Streichen unter die jüngeren Bildungen des Londoner Beckens hinab, um innerhalb Englands nicht wieder zu Tage zu kommen. Indess ist ihr unterirdisches Vorhandensein durch Bohrung in der Gegend von Dover nachgewiesen worden, und jenseits des Canals heben sie sich im Boulonnais mit unverändertem Streichen wieder aus den jüngeren Ablagerungen heraus, um sich durch Belgien bis in die Gegend von Aachen fortzusetzen. Die

[1]) Geological Magazine, 1898, 61.

breite Rheinbucht mit ihren Quartärablagerungen bewirkt nur eine oberflächliche Unterbrechung des Carbonzuges. Denn bei Erkelenz, unweit Wesel sind in etwa 750 m Tiefe unter Quartär, Tertiär, Buntsandstein und Zechstein flötzführende Schichten erbohrt worden. Im Ruhrgebiet gewinnen diese Schichten sodann die bekannte grosse Verbreitung, um nach Norden allmählich unter den Kreidebildungen des Münsterländer Beckens zu verschwinden und sich erst an dessen äusserstem Nordrande, bei Ibbenbüren und Osnabrück, noch ein letztes Mal herauszuheben (vergl. das Uebersichtskärtchen Fig. 30, S. 188).

Die carbonischen Schichten dieses ganzen langen, von Südwest-England bis nach Westfalen und der Provinz Hannover reichenden Zuges müssen sonach als Theile einer einzigen Ablagerung betrachtet werden. In Nordfrankreich und Belgien lehnt sich dieser Zug im Norden hart an das nur an wenigen Punkten zu Tage tretende silurische sogen. Brabanter Massiv, im Süden an das Ardennen-Massiv an, dessen hauptsächlich devonische Schichten mit einer grossen Ueberschiebung an die carbonischen Ablagerungen angrenzen (vergl. Fig. 20, S. 95). Auch auf deutschem Gebiete schliessen sich die carbonischen Bildungen eng an das rheinische Schiefergebirge an. Indess dringt nur das Untercarbon in dessen Inneres ein, während die productive Kohlenformation sich zwar hart an den älteren Gebirgskörper anlehnt, aber im Wesentlichen doch ausserhalb desselben verbreitet ist. Am ganzen Nordrande des Schiefergebirges kommen beide Abtheilungen der Formation übereinander vor. Beide liegen sowohl untereinander als auch im Verhältniss zu den unterliegenden Devonschichten, an deren Faltung sie theilnehmen, durchaus gleichförmig (siehe Fig. 31).

Das **Untercarbon** besteht auf der ganzen linken Rheinseite ausschliesslich aus Kohlenkalk, einem wohlgeschichteten bis massigen, halbkrystallinen, hell- bis dunkelfarbigen Kalkstein (seltener Dolomit), der bis über 600 m mächtig werden kann. Seine zahlreichen Versteinerungen — altberühmte Fundorte für solche sind Tournai und Visé in Belgien — sind von de Koninck bearbeitet worden[1]). Der genannte Gelehrte machte zuerst auf die paläontologischen Unterschiede des Kalkes von Tournai und Visé aufmerksam, ohne indess diese Unterschiede mit Altersverschiedenheiten in Verbindung zu bringen. Später haben sich besonders Gosselet und Dupont mit der Gliederung des belgischen Kohlenkalks beschäftigt und drei Hauptabtheilungen unterschieden, nämlich von unten nach oben die Stufe von Tournai mit

[1]) Description des animaux fossiles du terr. carb. de la Belgique, 1842—1844. Supplément 1851. — Faune du calcaire carbonifère d. l. Belgique, 1878—1888 (unvollendet).



Spirifer tornacensis (früher irrthümlich als *mosquensis* bezeichnet), die Stufe von Waulsort und endlich die von Visé mit grossen *Productus*-Arten, darunter insbesondere *Pr. giganteus* (24, 2) und *corrugatus* (bisher fälschlich *cora* genannt) und *Chonetes papilionacea*[1]). Nachdem sich aber ergeben hat, dass das korallenreiche Waulsortien nur eine besondere Facies theils des Viséen, theils des Tournaisien darstellt, bleiben für den eigentlichen Kohlenkalk Belgiens und Nordfrankreichs nur diese beiden Stufen übrig. Allerdings muss dazu noch eine dritte hinzugefügt werden für die unter dem Tournaisien liegende, schiefrig-kalkige, vielfach Crinoidenkalke einschliessende, von Gosselet[2]) als Assise d'Etroeungt bezeichnete Schichtenfolge.

Diese Zone enthält ein Gemisch von devonischen und überwiegenden carbonischen Arten — neben *Phacops (non latifrons!), Spir. Verneuili, Cyrtia Murchisoniana, Productella subaculeata* etc., *Phillipsia, Straparollus pentangulatus, Terebr. sacculus, Spir. distans* u. *tornacensis, Athyris Roissyi, Orthothetes crenistria, Chonetes hardrensis, Clisiophyllum* etc. Sie ist bisher, wohl besonders auf Grund von Clymenien, die Hébert vor langer Zeit daraus angegeben hat, gewöhnlich als oberstes Devon classificirt worden; nachdem aber neuerdings E. Holzapfel in den vermeintlichen Clymenien Prolecaniten aus der Verwandtschaft der im Culmkalk von Breitscheid (s. unten) vorkommenden (*Pr.* cf. *ceratitoides*) erkannt hat, erscheint ihre Zurechnung zum Carbon unerlässlich. Darnach würde sich das Untercarbon der genannten Gegenden folgendermaassen gliedern:

3. Stufe von Visé mit *Prod. giganteus* und *Chonetes papilionacea.*
2. Stufe von Tournai mit *Spir. tornacensis.*
1. Stufe von Etroeungt mit *Phillipsia, Prolecanites, Spir. distans* etc., sowie einigen devonischen Arten (*Phacops* etc.).

Auch bei Aachen lässt sich eine ganz übereinstimmende Dreigliederung des Kohlenkalkes wiedererkennen[3]). Ueberschreitet man aber den Rhein, so trifft man Kohlenkalk nur noch in der Gegend von Düsseldorf an, wo er bei Ratingen noch in einer Mächtigkeit von etwa 250 m und mit verhältnissmässig reicher Fauna (des Viséen) entwickelt ist. Auch hier geben sich die zwischen dem eigentlichen Kohlenkalk und Oberdevon auftretenden dunklen Kalke und Schiefer durch ihre Fauna (*Brachymetopus* neben *Phacops*) als Vertreter der Etroeungtstufe zu erkennen. Schreitet man dagegen noch weiter nach Osten fort, so keilt sich der Kohlenkalk bald aus, und an seine Stelle tritt

[1]) Vergl. Gosselet, L'Ardenne, 1888, S. 615 ff.
[2]) Ibid. S. 598.
[3]) Dantz, Z. d. d. geol. G. 1893.

Culm. Es ist das eine oft viele hundert Meter mächtig werdende, ganz überwiegend schiefrig-sandig-conglomeratische, kalkarme Schichtfolge, die nicht nur am Nord-, sondern auch am Ostrande sowie im Innern des rheinischen Gebirges entwickelt und in der Regel folgendermaassen beschaffen ist:

Zuunterst, unmittelbar über dem Oberdevon, liegt eine wenige Meter bis mehrere Dekameter starke Zone von Kieselschiefern und Adinolen, die nur an ihrer oberen Grenze einige sich auch in den Posidonien-Schiefern wiederfindende Versteinerungen (wie Phillipsien, *Posidonia Becheri*, *Orthocer. striolatum*, *Camarophoria? papyracea* etc.) einzuschliessen pflegen. In inniger Verbindung mit diesen sich durch ihre Radiolarien Fauna als Tiefseeabsätze zu erkennen gebenden Kieselschiefern treten mitunter (z. B. im Dillenburg'schen) helle oder dunkle kieselige Cephalopoden-Kalke mit *Glyphioceras sphaericum* oder (bei Breitscheid und Erdbach unweit Herborn) Crinoiden-Kalke mit einer reicheren Goniatiten-Fauna (*Prolecanites ceratitoides*, *Glyphioceras* etc.) auf [1]).

Im östlichen und südlichen Theile des Schiefergebirges folgen sodann die sogen. Posidonien-Schiefer, grünlich-graue bis schwärzliche Schiefer, die bis einige hundert Meter mächtig werdend, als wichtigstes und verbreitetstes Leitfossil die oft zu Hunderten die Schichtflächen bedeckende *Posidonia Becheri* (22, 8) enthalten. Zu dieser gesellen sich vielfach (so bei Herborn, bei Aprath unweit Elberfeld [2]) etc.) noch viele andere Arten, unter denen nur *Phillipsia aequalis* u. a., *Glyphioceras sphaericum* (22, 7), *Pronorites mixolobus*, *Orthoceras scalare* und *striolatum*, *Camarophoria ? papyracea*, *Avicula lepida* sowie Landpflanzen (*Asterocalamites scrobiculatus* [22, 1], *Lepidodendron* [22, 2] etc.) genannt seien.

Nach oben zu stellen sich in diesen offenbar schon in flacherem Meere abgelagerten Schiefern dünne Bänke von mürber Grauwacke ein, die allmählich immer zahlreicher werdend, den Uebergang in die oft viele hundert Meter mächtige, häufig conglomeratisch werdende und jedenfalls eine Seichtwasserablagerung darstellende Culmgrauwacke vermitteln. Diese Grauwacke pflegt ausschliesslich Landpflanzenreste zu enthalten, darunter namentlich den schon genannten, früher als *Archaeocalamites radiatus* oder *Calamites transitionis* bezeichneten *Asterocalamites* (22, 1), *Lepidodendron Veltheimianum* (22, 2) und die sogen. *Knorria imbricata*.

Auch im Innern sowie am Nordrande des Schiefergebirges ist

---

[1]) Holzapfel, Paläont. Abhandl., Bd. V, Heft I, 1889.

[2]) v. Könen, N. Jahrb. f. Mineral. 1879, S. 309. — Kayser, Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1881, S. 67.



die Zusammensetzung des Culm eine ganz ähnliche; nur pflegen hier im Niveau der Posidonien-Schiefer dunkle, von Kieselschiefern begleitete Plattenkalke entwickelt zu sein, über denen unmittelbar Alaunschiefer bezw. flötzleerer Sandstein auftritt [1]). Die Kalke schliessen hie und da Kohlenkalkfossilien ein. Eine durch grosse Producten und Einzelkorallen ausgezeichnete, kohlenkalkähnliche Fauna ist vor Kurzem vom Verfasser auch am äussersten Südrande des Gebirges, in einer kalkigen Bank im Posidonien-Schiefer von Königsberg bei Giessen aufgefunden worden.

Hervorzuheben ist endlich noch, dass im Süden und Osten des rheinischen Gebirges, ähnlich wie im Harz, sich eine transgredirende Lagerung des Culm geltend macht.

Das **Obercarbon** bildet auf der linken Rheinseite einen sich aus der Gegend von Valenciennes und Mons ohne wesentliche Unterbrechung

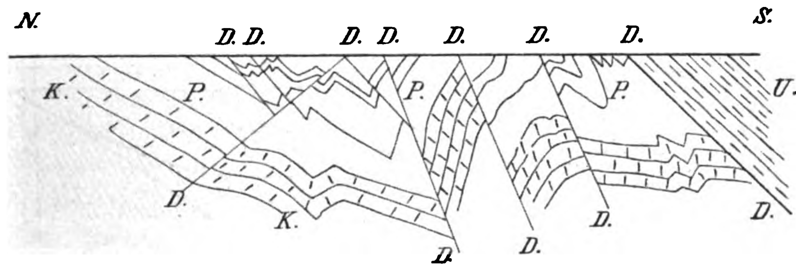


Fig. 28. Profil durch das Steinkohlenbecken von Lüttich. Nach Vancherpenzeel-Thim.
U Unterdevon. *K* Kohlenkalk. *P* Productives Carbon. *D* Verwerfungen.

über Charleroi bis Lüttich und Aachen erstreckenden Hauptzug und einen in dessen Süden liegenden, viel unbedeutenderen, das Innere der sogen. Mulde von Dinant (Fig. 20, S. 95) einnehmenden Nebenzug. Von der starken Faltung, den zahlreichen Verwerfungen und Ueberschiebungen dieser Gegend mögen die beiden Profile Fig. 28 und 29 eine Vorstellung geben.

Das tiefste Glied des englischen Obercarbon, der Millstone grit, ist in Nordfrankreich und Belgien nicht entwickelt. Ueber dem Kohlenkalk, der in der Maasgegend mit schwarzen kieseligen Schiefern mit Posidonien endigt, liegt vielmehr zunächst eine 25 m mächtige Folge von Alaunschiefern und Stinkkalken, die bei Chokier unweit Huy eine schon lange bekannte, cephalopodenreiche Fauna mit *Glyphioceras diadema* und *Listeri, Dimorphoc. atratum, Orthoceras, Mytilus, Lingula* etc.

[1]) v. Dechen, Erläut. z. geol. Karte d. Rheinprov. etc. II, 218.

einschliessen. Es sind das die sogen. Ampelite von Chokier. Darüber folgt ein erheblich mächtigerer Complex von Thonschiefern mit dunklen Sandsteinbänken, einigen schwachen Flötzen von Magerkohle und einer unreinen Kalkbank mit *Productus carbonarius, Chonetes, Spirifer* und anderen Brachiopoden: die Zone von Andenne. Beide Zonen machen zusammen das „Namurien" von PURVES und STAINIER aus und entsprechen damit zugleich HIND's Schichten mit *Aviculop. papyraceus* und *Gl. diadema* (s. S. 183). In der That ist der genannte *Aviculopecten* zusammen mit *Posidonia* (*Becheri?*) in den fraglichen Schichten gefunden worden.

Erst über dieser Stufe folgt das eigentliche, etwa 1000 m mächtige flötzreiche Kohlengebirge Nordfrankreichs und Belgiens. Es entspricht in seiner Gesammtheit dem Westfalien LAPPARENT's oder unseren Saarbrücker Schichten und wird von STAINIER in eine untere Zone von Chatelet mit 8 Flötzen und eine obere von Charleroi mit 51

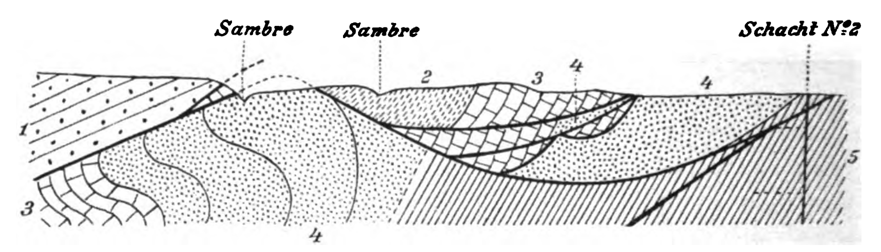


Fig. 29. Durchschnitt durch das Kohlenfeld von Charleroi nach BRIART.
1 Unterdevon. *2* Oberdevon. *3* Kohlenkalk. *4* Flötzarmes, *5* flötzreiches Kohlengebirge. Die starken schwarzen Linien deuten die Verwerfungen bezw. Ueberschiebungen an.

(nur theilweise bauwürdigen) Flötzen eingetheilt. In der ersten treten neben marinen auch Süsswasserconchylien (*Carbonicola*) auf, die nach oben immer häufiger werden, bis endlich von marinen Formen nur *Lingula mytiloides* übrig ist. In der oberen Zone dagegen sind nur Süsswasserformen (*Carbonicola, Anthracomya, Najadites*) vorhanden.

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse in der Gegend von Aachen. Das Namurien wird hier durch etwa 200 m Schieferthone mit Kohlenbestegen, Sande, Sandsteine und Conglomerate vertreten. Die flötzführenden Schichten bilden zwei (durch den Burtscheider Devonsattel) getrennte Mulden: die verhältnissmässig einfach gebaute südliche Eschweiler- oder Indemulde und die sehr gestörte zickzackfaltige nördliche Wurmmulde. Die erste wird auf der Westseite durch eine sehr steil einfallende, die Schichten fast rechtwinkelig durchsetzende Verwerfung, die Münstergewand, abgeschnitten. Diese grosse Verwerfung setzt sich nach Norden fort und durchschneidet hier unter dem

Namen „Feldbiss“ auch die Wurmmulde. Auch bei Aachen lässt sich, wie in Belgien, eine untere flötzarme Abtheilung und eine obere flötzreiche unterscheiden [1]) (vergl. Fig. 35 S. 204).

Auf der rechten Rheinseite finden wir als Fortsetzung der besprochenen linksrheinischen Ablagerungen das westfälische oder Ruhrkohlenbecken.

Abweichend von den linksrheinischen Verhältnissen beginnt die obercarbonische Gesteinsfolge hier mit dem unmittelbar und gleichförmig auf dem Culm aufruhenden „Flötzleeren“ (Sandstein). Es ist das ein ungefähr 1000 m mächtiger, in jeder Hinsicht dem englischen Millstone grit entsprechender, petrographisch der überliegenden flötzführenden Schichtenfolge sehr ähnlicher, aber noch keine Kohlen enthaltender Gesteinscomplex. Er besteht aus Sandsteinen, die vielfach gute Werk- und Pflastersteine liefern, und Schieferthonen, daneben auch aus Thonschiefern und Conglomeraten und enthält nur als Seltenheit Versteinerungen (ausser Pflanzenresten Anthracosien, *Posidonia, Aviculopecten papyraceus,* Goniatiten etc.). An der Basis geht er im westlichen Theile seines Verbreitungsgebietes ganz allmählich in Alaunschiefer über, die bisher allgemein dem Culm zugerechnet wurden, aber vielleicht besser als Aequivalent der belgischen Zone von Chokier mit dem Obercarbon zu verbinden sind. Ob auch die mächtigen, in der Edergegend und im hessischen Hinterlande auftretenden conglomeratischen Grauwacken mit v. Dechen als Vertreter des Flötzleeren zu betrachten [2]) oder richtiger als oberes Culm zu classificiren sind, muss dahingestellt bleiben.

Ueber den beschriebenen Ablagerungen folgen sodann die flötzführenden Schichten von Essen, Bochum und Dortmund, die den bedeutendsten deutschen Steinkohlenbergbau ins Leben gerufen haben [3]). Die grösste Mächtigkeit der kohlenführenden Schichten beträgt 3050 m. Es

[1]) v. Dechen, Erläuterungen z. geol. Karte d. Rheinprov. II, S. 224.

[2]) A. a. O. S. 223.

[3]) Die oberflächliche Ausdehnung der productiven Schichten beträgt nur 582,4 qkm; dagegen haben Bergbau und Tiefbohrungen (welch' letzte nach Norden zu schon die Lippe-Linie überschritten haben — vergl. die Karte Fig. 30 —) bereits eine unterirdische Verbreitung der Steinkohlenformation unter den jüngeren Ablagerungen von fast 3000 qkm nachgewiesen. Die Kohlenerzeugung des Ruhrbeckens betrug im Jahre 1900 nahezu 60 Mill. Meter-Tonnen, fast das Doppelte der Erzeugung des Oberbergamtsbezirks Breslau und fast das Fünffache von der des Saarbeckens. Der Werth dieser Erzeugung, die 227000 Arbeiter beschäftigte, betrug 160 Mill. Mark.

Zur Würdigung dieser Zahlen sei mitgetheilt, dass die Steinkohlenförderung ganz Deutschlands im Jahre 1899 136 Mill. Meter-Tonnen betrug, die Grossbritanniens 224, der Ver. Staaten 230. Auf Oesterreich-Ungarn, Frankreich, Belgien und Russland kamen 38 (1898), 31, 22 und 12 (1898) Mill. Meter-Tonnen.

liegen darin einige 70 bauwürdige Flötze mit einer Gesammtmächtigkeit von über 100 m. Die zunächst über dem Flötzleeren auftretenden Kohlen sind Magerkohlen, darüber folgen Fett- und Esskohlen, dann Gas-, dann endlich Gasflammkohlen, wonach man die ganze Schichtenmasse in eine Mager-, Fett-, Gas- und Gasflammkohlenpartie zerlegt. Eine floristische, besonders auf die Farne gestützte Gliederung der Schichtenfolge hat Leo

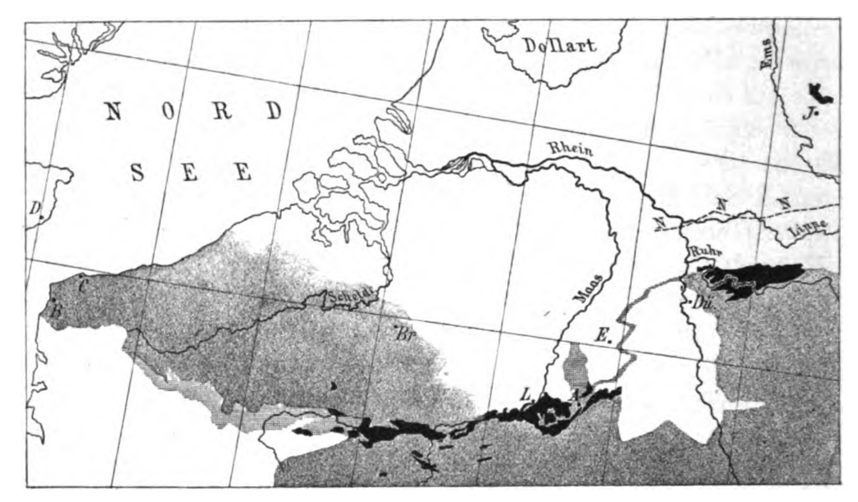


Fig. 30. Verbreitung und Zusammenhang der Steinkohlenfelder am Niederrhein, in Belgien und Nordfrankreich.

Schwarz oberirdische, horizontal schraffirt nachgewiesene unterirdische Verbreitung der Kohle. Grau ober- (u. z. Th. unter-)irdische Verbreitung der älteren, weiss der jüngeren Gesteine. *N—N—N* Nordgrenze der nachgewiesenen Verbreitung der Kohle unter jüngeren Gesteinen im Ruhrbecken. *A* Aachen, *B* Boulogne, *Br* Brüssel, *C* Calais, *D* Dover, *Dü* Düsseldorf, *E* Erkelenz, *J* Ibbenbüren, *L* Lüttich.

Cremer versucht [1]). Im Verein mit der erstgenannten führt sie zu folgender Eintheilung:

Gasflammkohlenpartie, 1050 m	Zone der *Neuropt. tenuifolia*
Gaskohlenpartie, 700 m	Zone der Lonchopteriden
Fettkohlenpartie, 250 m	Zone der *Sphenopt. Sauverii*
Magerkohlenpartie, 830 m	Obere / Untere } Zone der *Neuropt. Schlehani*

[1]) Die foss. Farne d. westf. Carbon etc. Dissert., Marburg 1892. Vergl. auch F. Zeiller, Bull. soc. géol. d. France, 3. s., XXII, 1894.

Innerhalb dieser Schichtenfolge sind nicht weniger als 12 gut unterscheidbare Horizonte mit Meeres- bezw. Süsswasserconchylien vorhanden. Die 9 unteren gehören der Magerkohlenpartie an und enthalten marine oder brackische Formen (ausser *Aviculop. papyraceus* noch *Lingula mytiloides, Discina nitida, Glyphioc. Listeri, Nautilus, Carbonicola* etc.). Höher aufwärts treten Süsswasserformen auf, und erst zuoberst stellen sich wieder *Aviculopecten* und Goniatiten ein.

Stratigraphisch gehören die Kohlenschichten des Ruhrgebietes jedenfalls zum allergrössten Theile der Saarbrücker Stufe oder dem Westfalien an. Nur die hangendsten Schichten sollen nach Stainier der Ottweiler oder gar (rothe Schichten der Zeche „General Blumenthal“) der Cuseler Stufe angehören.

Die Lagerung der kohlenführenden Schichten des Ruhrbeckens ist im Allgemeinen einfacher als in Belgien: sie bilden gleich den im Süden angrenzenden devonischen Schichten eine Reihe von Mulden und Sätteln, die sich nach Norden zu allmählich verflachen (Fig. 31). Indess fehlt es auch hier nicht an zahlreichen Querzerreissungen, Verwerfungen und Ueberschiebungen, unter welch' letzten namentlich der von Kettwig a. d. Ruhr schon 30 km weit nach Osten verfolgte „Sutan“ zu nennen ist.

Auf der Südseite des rheinischen Schiefergebirges, aber nicht in unmittelbarer Berührung mit ihm, tritt productives Obercarbon nur im kleinen, aber wegen der grossen Mächtigkeit an bauwürdiger Kohle doch sehr wichtigen Saarbecken auf. Die unmittelbare Unterlage der kohlenführenden Schichten ist unbekannt, im Norden aber, nach dem devonischen Gebirge zu und auf dieses übergreifend, folgt über den carbonischen Schichten mit gleichförmiger Lagerung Rothliegendes. Im Süden wird das Kohlenbecken durch eine in nordöstlicher Richtung von St. Avold über Saarbrücken nach Homberg und noch weiter verlaufende, grosse streichende Verwerfung abgeschnitten, an welcher die Pfälzer Trias um ein paar Tausend Meter gegen das Kohlengebirge abgesunken ist[1]) (vergl. Fig. 32).

E. Weiss, der die carbonisch-rothliegende Schichtenfolge des Saar- und Nahegebietes eingehend untersucht hat, hat — wie schon früher bemerkt — das Carbon in die Saarbrücker und Ottweiler Stufe gegliedert[2]). Die erste ist flötzreich und entspricht der Hauptmasse der Steinkohlenschichten der Ruhr; die zweite dagegen ist flötzarm und jünger als der grösste Theil des westfälischen Obercarbon. Beide Stufen zusammen

[1]) Liebheim, Beitr. z. Kenntn. d. lothring. Kohlengeb. Dissert., Strassburg Els. 1900.

[2]) Foss. Flora d. jüngst. Steinkohlenform. u. d. Rothlieg. im Saar-Rheingebiet, 1869—1872.

sind an 6000 m mächtig und schliessen 3 ½ Hundert Flötze mit einer Gesammtmächtigkeit von über 140 m ein. Die genauere Zusammensetzung der Schichtfolge ergiebt sich aus folgender Tabelle:

<table>
<tr><td>Obere Ottweiler Sch.</td><td colspan="2">Graue Sandsteine und Schieferthone mit einem Kohlenflötz</td></tr>
<tr><td>Mittlere Ottweiler Sch.</td><td colspan="2">Rothe Feldspathsandsteine und Schieferthon</td></tr>
<tr><td>Untere Ottweiler Sch.</td><td>Graue und blauschwarze thonige Schichten</td><td>Schichten des hangenden Flötzzuges
Schichten mit *Leaia Baentschiana*</td></tr>
<tr><td>Obere Saarbrücker Sch.</td><td colspan="2">Rothe Feldspathsandsteine mit rothen und bunten Schieferthonen. An der Basis das „Holzer Conglomerat“.</td></tr>
<tr><td>Mittlere Saarbrücker Sch.</td><td rowspan="2">Graue Sandsteine, Conglomerate und Schieferthone mit Kohlen-, Eisenerz- und Thoneisensteinflötzen</td><td>Schichten der beiden mittleren Flötzzüge (Flammkohlengruppe)</td></tr>
<tr><td>Untere Saarbrücker Sch.</td><td>Schichten des liegenden Flötzzuges (Fettkohlengruppe)</td></tr>
</table>

Lagen mit marinen Conchylien fehlen im Saarbecken. Man bezeichnet derartige, keine marine Einlagerungen enthaltenden Kohlenbecken als limnische, während man diejenigen, die mit solchen versehen sind, paralische Becken nennt. Während die letzten sich in der Nachbarschaft der Meeresküste gebildet haben müssen, sind die ersten im Binnenlande, oft in weiter Entfernung von der See, entstanden.

Eine viel geringere Verbreitung besitzt das Carbon in **Mitteldeutschland.**

Im Harz setzt der Culm den grössten Theil des Oberharzer Plateaus zusammen, ist aber in geringerer Verbreitung auch weiter ostwärts, im sogen. Unterharz vorhanden. Seine Zusammensetzung — zuunterst Kieselschiefer und Adinolen, dann Posidonienschiefer, darüber conglomeratarme Grauwacken mit *Asterocalamites* etc. (Clausthaler Grauwacke), zuoberst conglomeratische (Grunder) Grauwacke — entspricht derjenigen im Osten des rheinischen Schiefergebirges. Das Obercarbon tritt nur in einer einzigen kleinen Partie bei Grillenberg am Südostrande des Gebirges auf, während die grösseren kohlenhaltigen Vorkommen von Ilfeld, Meisdorf u. s. w. nach Sterzel schon dem Rothliegenden angehören.

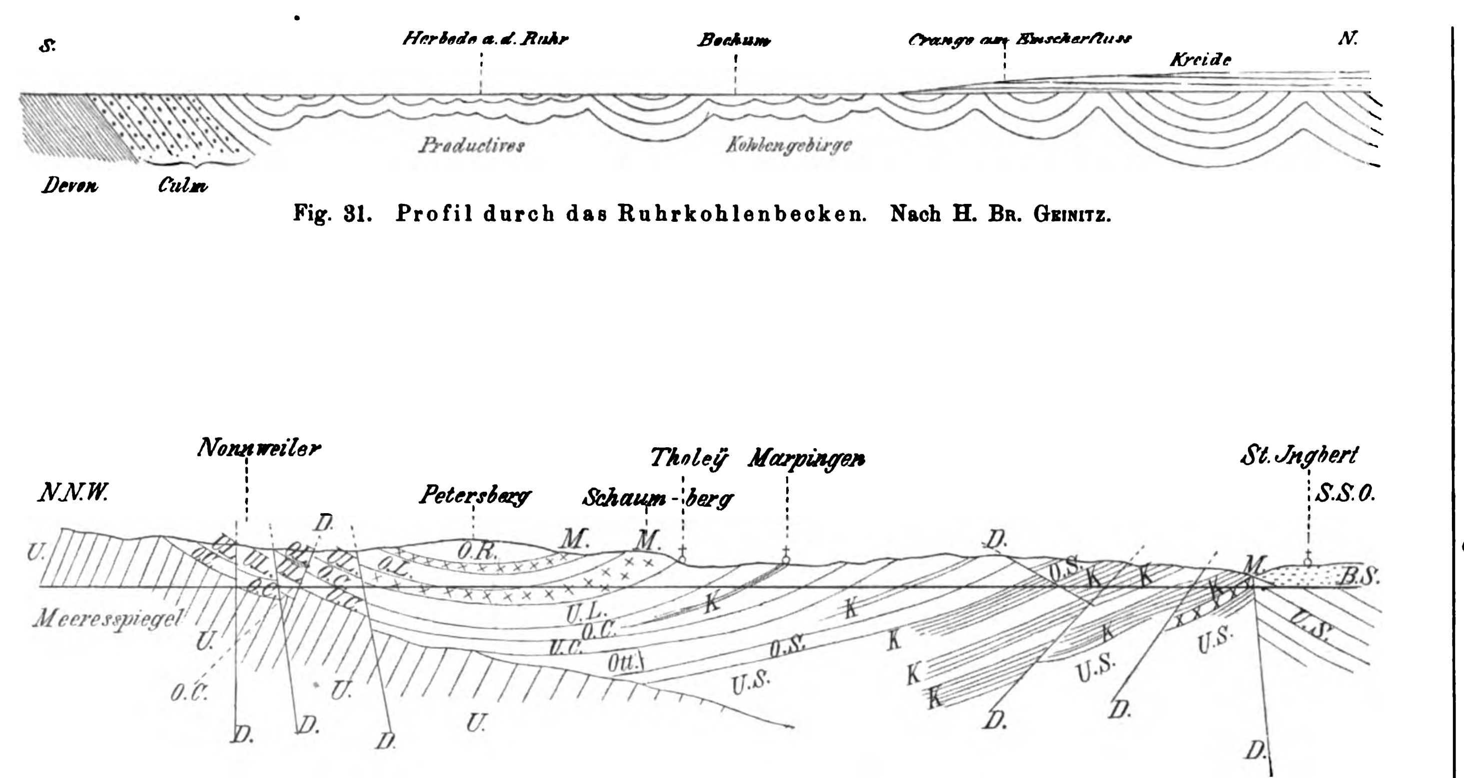


Fig. 31. Profil durch das Ruhrkohlenbecken. Nach H. Br. Geinitz.

Fig. 32. Profil durch die Steinkohlen- und Rothliegend-Schichten des Saar-Nahe-Gebietes. Nach Nasse.

U Unterdevon. *US* Untere und mittlere Saarbrücker Schichten. *OS* Obere Saarbrücker Sch. *Ott* Ottweiler Sch. *UC* Untere Cuseler Sch. *OC* Obere Cuseler Sch. *K* Steinkohlenflötze. *UL* Untere Lebacher Sch. *OL* Obere Lebacher Sch. *OR* Ober-Rothliegendes. *M* Melaphyr. *BS* Buntsandstein. *D* Verwerfung.

Auch bei Magdeburg treten Culmgrauwacken und -schiefer mit *Phillipsia, Glyph.* cf. *crenistria* und anderen leitenden Arten (aber ohne *Posidonia Becheri*) auf[1]).

Die kleinen, abgebauten Steinkohlenvorkommen von Wettin und Löbejün haben das Alter der Ottweiler Schichten. Auch die seit alter Zeit als typisches Rothliegendes betrachteten und auch auf den Specialkarten der preussischen geologischen Landesanstalt so aufgefassten mächtigen rothen Sandsteine, Arcosen und Conglomerate am südöstlichen Harzrande, im Mansfeldschen und an der Nordseite des Kyffhäusers müssen nach den Aufschlüssen neuerer Tiefbohrungen dem jüngsten Obercarbon zugerechnet werden. Nach der neuesten Arbeit von Beyschlag und K. v. Fritsch[2]) setzt sich die fragliche Schichtfolge so zusammen:

Hangendes: Rothliegendes.

Wettiner (kohlenführ.) Schichten	obere Ottweil. Sch.
Mansfelder Sch. (rothe Sandsteine etc.), 700—800 m mächtig, zerfallend in: 2. Siebigeröder Sandstein 1. Kalkknollen- und Quarzitconglomerat-Schichten	mittlere Ottweil. Sch.
Grillenberger Schichten, über 200 m mächtige, nur am Harzrande zu Tage tretende Conglomerate	untere Ottweil. Sch.

In Ostthüringen und dem sich anschliessenden Fichtelgebirge entfällt, ähnlich wie im Harz, der grösste Theil des von carbonischen Schichten eingenommenen Flächenraumes auf den Culm. Dieser sondert sich in eine untere Abtheilung, die überwiegend aus Thon- und Dachschiefern (Lehestener Schiefer) mit eingelagerten Grauwackensandsteinen, Kalken u. s. w. besteht, und in eine obere, die vorherrschend aus gröberen Grauwacken zusammengesetzt ist. Das productive Carbon tritt nur in einigen ganz unbedeutenden, den alleroberstenHorizonten der Formation angehörigen Partieen hart am Rande des Gebirges bei Stockheim, Crock u. s. w. auf. Typischer dunkler Kohlenkalk mit grossen Producten findet sich in kleinen Vorkommen bei Trogenau und a. a. O. unweit Hof, während eine reiche Culmfauna mit *Phillipsia* cf. *aequalis, Dechenella, Griffithides, Pronorites mixolobus, Orthoc. striolatum, Straparollus Dionysii, Productus* etc. neuerdings aus dem sogen. Geigenbruche bei Hof bekannt geworden ist[1]).

Eine grössere Verbreitung besitzt die Steinkohlenformation im Königreich Sachsen. Das Zwickauer, das Lugau-Oelsnitzer und das Potschappeler Kohlenbecken gehören der Saarbrücker Stufe an. Die

---

[1]) Wolterstorff, Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. 1898, S 3.

[2]) Das jüngere Steinkohlengeb. u. Rothliegende in der Prov. Sachsen. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1900.

[3]) Leyh, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1897, 516.

Chemnitz-Hainichener Kohlenmulde ist aber, wie Geinitz und Sterzel [1]) gezeigt haben und wie schon so charakteristische Formen wie *Lepidodendron Veltheimianum, Stigmaria inaequalis, Asterocalam. scrobiculatus, Sphenopteris distans* u. a. beweisen, älter und entspricht wahrscheinlich der Waldenburger Stufe [2]). Ein kleines Kohlenkalkvorkommen findet sich bei Wildenfels unweit Zwickau.

Erheblich grössere Ausbreitungen carbonischer Schichten sind in **Schlesien** vorhanden. Hier finden wir einmal im Südwesten von Breslau das niederschlesische oder Waldenburger Steinkohlenbecken.

Es bildet eine von Südost nach Nordwest streichende, sich im Nordosten an die krystallinischen Schiefer des Eulengebirges anlehnende, nach Westen zu weit nach Böhmen (nach Schatzlar) fortsetzende Mulde, deren Mitte von Rothliegendem und Kreidebildungen eingenommen wird [3]). Das concordant unter dem (ebenfalls noch flötzführenden) Rothliegenden lagernde Obercarbon schliesst zahlreiche Decken von porphyrischen

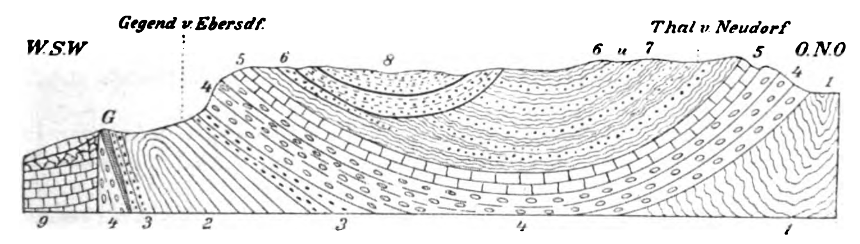


Fig. 33. Profil durch die paläoz. Schichten zwischen Silberberg und Neurode in Niederschlesien. Nach Dathe.

1 Gneiss der Eule. *2* Iberger, *3* Clymenienkalk. *4* Gneissbreccie, Gneisconglomerat und -sandstein. *5* Kohlenkalk. *6* u. *7* Culmconglomerate und -schiefer. *8* Obercarbon (Sandstein, Conglom., Schiefer u. Kohle). *9* Porphyrtuffe, Kalke u. Schiefer der Cuseler Schichten. *G* Gabbro.

und melaphyrischen Gesteinen, aber keine marinen Einlagerungen ein. Es enthält einige 30 bauwürdige Flötze mit mehr als 40 m Gesammtmächtigkeit und wird auf schlesischem Gebiet (auf dem Nordflügel der Mulde) schon lange in einen Liegendzug (Waldenburger Schichten) und einen Hangendzug (Schatzlarer Schicht.) zerlegt, über dem auf österreichischem Gebiete noch weitere Flötzzüge (Schwadowitzer und Radowenzer Schicht.) folgen. Unter dem Obercarbon liegen mit einer auffälligen, erst in neuerer Zeit entdeckten Discordanz [4]) Conglomerate, Grauwacken und Schiefer

[1]) 9. Bericht d. naturf. Ges. zu Chemnitz, 1883—1884, S. 181.

[2]) Dalmer, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1884, 379.

[3]) Schütze, Geogn. Darstell. d. niederschles.-böhmischen Steink.-Beckens. Abh. d. geol. Landesanst. 1882.

[4]) Dathe, Geol. Beschr. v. Salzbrunn. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1892, S. 131. — Derselbe, Der Kalkberg bei Ebersdorf. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanstalt f. 1900.

des Untercarbon (Fig. 33). Sie enthalten theils eine reiche Culmflora, theils — wie besonders bei Rothwaltersdorf — eine Mengung von Culmpflanzen mit Kohlenkalkbrachiopoden, theils endlich — wie bei Hausdorf, Altwasser, Silberberg — Kalklinsen mit der Fauna des Viséen (*Product. giganteus* etc.).

Im Einzelnen gestaltet sich die Gliederung der Schichtenfolge folgendermaassen:

Oberes Obercarbon.

Radowenzer Schichten (= ob. Ottweiler Sch.) mit dem obersten Flötzzug der Gottesgrube.

Rothe flötzleere Sandsteine des „versteinerten Waldes" am Hexenstein mit verkieselten Stämmen.

Obere Schwadowitzer (Idastollner) Sch. (= unt. Ottweiler Sch.).

Mittleres Obercarbon.

Untere Schwadowitzer (Xaveristollner) Sch. (= ob. u. mittl. Saarbrück. Sch.).

Schatzlarer Sch. oder Hangendzug mit sehr reicher Flora der unteren Saarbrück. Sch.

Unteres Obercarbon.

Reichhennersdorf-Hartauer Sch. Flötzleere Conglomerate und Sandsteine bezw. Porphyre.

Waldenburger Sch. oder Liegendzug mit *Asteroc. scrobiculatus*, *Lepid. Veltheimianum* und *Volkmannianum*, *Rhodea Stachei*, *Sphenopteris elegans* u. a.

Discordanz.

Untercarbon: Culm bezw. Kohlenkalk.

Viel bedeutender als das niederschlesische ist durch seine Ausdehnung und seinen Kohlenreichthum das oberschlesische Steinkohlenbecken. Auch hier sind beide Abtheilungen der Formation vertreten, und auch hier ist das Untercarbon in seiner Verbreitung durchaus unabhängig von dem es discordant überlagernden, mit den Ostrauer Schichten beginnenden Obercarbon[1]). Dieses letzte, das allerdings nur an einzelnen Punkten aus den es bedeckenden jüngeren Ablagerungen (Trias, Tertiär und besonders Quartär) hervortritt, mag eine Gesammtmächtigkeit von etwa 5000 m haben. Es nimmt allein auf preussischem Gebiet einen Flächenraum von 3600 qkm, auf österreichischem und russischem von weiteren 2000 qkm ein. Zu dieser grossen Ausdehnung gesellt sich eine so grosse Zahl und Mächtigkeit der bauwürdigen Flötze

[1]) Diese Discordanz beweist ebenso wie die völlige Verschiedenheit der marinen Einschaltungen in den Ostrauer Schichten, dass diese nicht, wie D. Stur wollte — siehe besonders seine umfangreiche Abhandlung über die „Culm"-Flora der Ostrauer und Waldenburger Schichten, Wien 1878 — dem Culm angehören, sondern das Basalglied des Obercarbon bilden (vergl. E. Tietze, Verh. d. geol. Reichsanst. Wien 1893, S. 396).



wie kaum sonstwo. Erreichen doch manche eine durchschnittliche Mächtigkeit von 10—12, ja örtlich von 18 m[1])!

Man theilt jetzt[2]) die flötzführenden Schichten Oberschlesiens von oben nach unten in Orzescher Schichten, Sattelflötzgruppe und Ostrauer bezw. Rybniker Schichten ein. An der Basis dieser letzten liegt (auf polnischem Gebiete) der Golonoger Sandstein. Die ganze Schichtenfolge entspricht dem unteren und mittleren Obercarbon, während das obere, die Aequivalente der Ottweiler Schichten, in Oberschlesien fehlt. Wie am Niederrhein und in England, so kommen auch hier in den kohlenführenden Schichten zahlreiche Zwischenlagen mit marinen Conchylien vor[3]); so in den Ostrauer Schichten mit *Glyphioc. Listeri*, *Phillipsia*, *Bellerophon Urii*, *Streptorhynchus crenistria* etc. Dabei ist bemerkenswerth, dass ausschliesslich marine Horizonte nur im Liegenden des Sattelflötzes vorkommen, während solche mit Brack- und Süsswassermuscheln durch die ganze Schichtenfolge hindurchgehen. Nach Ebert treten übrigens auch *Lingula*, *Discina* und *Aviculopecten* in selbständigen Lagen auf, die keine marinen Formen enthalten und daher wohl Brackwasserablagerungen darstellen. Eruptive Gesteinseinlagerungen, wie sie in Niederschlesien eine solche Rolle spielen, fehlen in Oberschlesien.

Ueber die Lagerung der oberschlesischen Steinkohlenschichten sei bemerkt, dass sie eine grosse, verhältnissmässig einfach gebaute Mulde bilden, deren Mittelpunkt etwa zwischen Lazisk und Pless liegt. Diese Mulde wird in ihrem nordwestlichen Theile von dem gewaltigen, eine Sprunghöhe von 1600—2000 m besitzenden, von Orlau in Oesterreich in nordnordöstlicher Richtung über Rybnik nach Gleiwitz verlaufenden „Orlauer Sprung" durchsetzt. Die in seinem Osten liegenden Schichten sind abgesunken, so dass man hier nur jüngere (Sattelflötz und Orzescher), in seinem Westen dagegen nur ältere (Rybniker) Schichten antrifft.

Das im Steinkohlengebiete selbst nirgends zu Tage tretende (noch auch erbohrte), aber in dessen Umgebung im Osten, Norden, Westen und Südwesten entwickelte Untercarbon bildet eine über 1000 m mächtige Folge von Grauwacken, Thon- und Dachschiefern, welche vielorts bezeichnende Culmversteinerungen (*Posidonia Becheri*, *Glyphioc.*

---

[1]) Nach allem dem scheinen die Aussichten für die Zukunft für kein anderes deutsches Kohlengebiet so günstig zu liegen wie für Oberschlesien. Auf dem letzten allgemeinen Bergmannstage (Dortmund 1901) wurde der Kohlenvorrath Oberschlesiens zu 62,8 Milliarden Tonnen angegeben, von denen bis jetzt nur 1/2 Milliarde abgebaut ist.

[2]) Th. Ebert, Die stratigr. Ergebnisse d. neuer. Tiefbohrungen im oberschles. Steinkohlengeb. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1895.

[3]) F. Roemer, Geologie von Oberschlesien 1880, S. 76, Taf. 8.

sphaericum, Pronorites mixolobus, Asteroc. scrobiculatus, Lepidod. dichotomum u. s. w.) einschliesst. Im Südwesten setzen diese Schichten eine grosse, geschlossene Masse zusammen, die an den devonischen Zug von Zuckmantel angelehnt, sich nach Süden bis in die Gegend von Brünn verfolgen lässt.

Darnach kann die Zusammensetzung des oberschlesisch-mährisch-polnischen Carbons und seine Beziehungen zum niederschlesischen sowie zum Saar- und Rheingebiete durch folgende Tabelle veranschaulicht werden:

		Oberschlesien, Mähren, Polen	Niederschlesien	Saar- u. Rheingebiet
Obercarbon	oberes	—	Radowenzer und Schwadowitzer Sch.	Ottweiler Schichten
	mittleres	Orzescher (Karwiner) Schichten { obere oder Nicolaier / untere oder Rudaer } Sattelflötzgruppe	Schatzlarer Schichten	Saarbrücker Schichten
	unteres	Ostrauer oder Rybniker Schichten Golonoger Sandstein	Waldenburger Schichten	Flötzleerer Sandstein
Untercarbon		Culm (bezw. Kohlenkalk)		

In **Böhmen** ist nur Obercarbon entwickelt. Es bildet eine ganze Reihe kleiner, den obersten Horizonten der Formation angehöriger und concordant von permischen Schichten überlagerter Becken[1]). Das wichtigste darunter ist das von Pilsen.

In **Süddeutschland** ist das Auftreten der Carbonformation auf den Schwarzwald und die Vogesen beschränkt. Doch ist ihre Verbreitung in beiden Gebirgen nur gering. Es tritt hier sowohl Culmgrauwacke mit leitenden Pflanzen als auch Kohlenkalk und — in ganz kleinen Schollen zwischen älteren Gesteinen — Obercarbon auf. Für das Untercarbon der Vogesen sind besonders die zahlreichen, zum Theil sehr

[1]) Vergl. Fr. Katzer, Geologie von Böhmen 1892, S. 1074.

mächtigen, den Grauwacken, Conglomeraten und Schiefern eingeschalteten Lager von Diabas- und Quarzporphyr und deren Tuffen bezeichnend. Eine reiche Kohlenkalkfauna mit *Productus giganteus* und *Chonetes papilionacea*, vielen Zweischalern, Echiniden *(Palechinus, Archaeocidaris)* etc., also vom Alter der Visé-Stufe, hat sich in neuerer Zeit in kalkigen Gesteinen bei Oberburbach unweit Thann gefunden [1]).

In **Frankreich** haben wir schon oben im Norden des Landes das Steinkohlengebiet von Valenciennes kennen gelernt [2]).

In der Bretagne und Normandie treten untercarbone Schichten in grosser Verbreitung auf, theils als mächtige pflanzenführende Grauwacken (*Asterocal. radiatus, Lepidodendron, Stigmaria, Sphenopt. elegans, Cardiopteris* etc.), theils als dunkle Schiefer (Schistes de Châteaulin) mit *Phillipsia, Productus* etc., theils endlich als porphyrische und diabasische Tuffe und Conglomerate. Das Obercarbon ist in jenen Gegenden nur äusserst schwach vertreten.

Besser ist es auf der Ostseite des Centralplateaus entwickelt, wo es drei grössere Becken, von Norden nach Süden das von Autun, das des Roannais (B. de Creusot) und das von St. Etienne zusammensetzt [3]).

Das Untercarbon besteht auch hier theils aus pflanzenhaltigen Grauwacken, die wie im Roannais in Kalklinsen die Fauna des Viséen (*Prod. giganteus* und *semiretic., Orthis resupinata, Euomph. Dionysii, Archaeocidaris, Palechinus, Melonites* etc.) einschliessen, theils wie bei Luzy und in der Montagne Noire aus Schiefern mit *Spir. tornacensis* und anderen Arten des Tournaisien.

Das Obercarbon zeichnet sich in der ganzen Umgebung des Centralplateaus durch die starke Entwickelung von Breccien und Conglomeraten aus. Die zum Theil recht mächtigen Steinkohlenflötze gehören der Ottweiler Stufe an und werden unmittelbar und gleichförmig von Rothliegendem bedeckt. Das Becken von St. Etienne darf durch die aussergewöhnlich gute Erhaltung seiner Flora noch ein besonderes Interesse beanspruchen. Auch ist es seit langer Zeit durch die Menge der dort vorkommenden aufrecht stehenden fossilen Baumstümpfe bekannt.

Auch im Süden des Centralplateaus sowie in den **Pyrenäen** und **Westalpen** ist die Entwickelung des Carbon sehr ähnlich. In den Pyrenäen tritt das Untercarbon theils in Gestalt von Schiefern und Kalken mit der Visé-Fauna, theils als marbre griotte auf, d. h. als bunter Knollenkalk mit *Glyphioc. sphaericum, Pronor. cyclolobus, Prole-*

---

[1]) A. Tornquist, Abh. z. geol. Spec.-Karte von Elsass-Lothr. 1895 etc.

[2]) Zeiller, Bassin houiller de Valenciennes. Paris 1888.

[3]) Grand' Eury, Flore carbonif. du départ. de l. Loire etc. Paris 1877.

canites-Arten etc.[1]). Das Obercarbon dagegen hat dort eine verhältnissmässig geringe Verbreitung. Eine um so grössere Rolle spielt es in den Westalpen, wo ausserordentlich mächtige Conglomerate und anthracitführende Sandsteine einen vom Dauphiné bis zum Wallis verfolgbaren, auch am Mont Blanc entwickelten Zug bilden[2]). Fast alle Anthracitvorkommen des Dauphiné, Savoyens und der Schweiz gehören nach der begleitenden Flora der Ottweiler Stufe an.

Südeuropa (Mediterrangebiet), Russland und arktische Regionen Europas.

Eine von derjenigen der besprochenen Gegenden wesentlich abweichende Entwickelung des Carbon tritt uns in den in der Ueberschrift genannten Gebieten entgegen, in denen die obere Abtheilung der Formation nicht durch festländische, sondern durch marine Ablagerungen vertreten ist, und die damit dem Bereich der in Russland und Asien so weit verbreiteten Fusulinenkalkentwickelung angehören.

Südeuropa. Ein erstes, wenn auch noch wenig typisches Beispiel dieser Entwickelung finden wir in Asturien. Das Untercarbon ist zwar hier wie in ganz Spanien noch in mitteleuropäischer Weise entwickelt. So finden wir ausser dem bereits oben aus den Pyrenäen erwähnten (auch bei Barcelona bekannten) marbre griotte sowohl Culm mit *Glyph. sphaericum* und *Posidonia Becheri* (Provinz Huelva im Süden des Landes) als auch Kohlenkalk mit der Visé-Fauna; schon an der Basis des asturischen Obercarbon aber treten Kalke mit Fusulinen (*cylindrica* u. a.) und dem wichtigen *Spirifer mosquensis* auf, und auch weiter aufwärts finden sich bei Sebargas (Lapparent, Tr. d. géol. 4. Aufl. 938) bezeichnende Formen des russischen Obercarbon, wie *Camaroph. plicata* und *Chonetes uralica*.

In viel besserer Entwickelung finden wir ähnliche Ablagerungen in den Ostalpen, in der Karnischen Hauptkette und den Karawanken, insbesondere der Gegend von Pontafel (Pontebba) wieder.

Auch hier schliesst sich das Untercarbon ganz an die mitteleuropäische Ausbildung an: die die älteren Ablagerungen übergreifend bedeckenden, aber gleich ihnen stark gefalteten Schiefer, Grauwacken, Quarzite und Conglomerate schliessen theils eine culmähnliche Flora, theils die Fauna der Visé-Stufe ein, wie eine solche schon seit langer Zeit vom Bleiberg

[1]) Barrois, Le marbre griotte. Annales de l. Soc. geol. du Nord, VI, 1879, S. 270.

[2]) Ein bekanntes hierher gehöriges Vorkommen bildet das von Saussure beschriebene Valorsina-Conglomerat.

[3]) Barrois, a. a. O. S. 590.

in Kärnthen bekannt ist[1]). Das Obercarbon dagegen besteht nach den Untersuchungen von STACHE[2]), FRECH[3]), SCHELLWIEN[4]) und GEYER[5]) aus einem mannigfachen Wechsel von dunklen, mürben, feinschichtigen Thon- und Grauwackenschiefern mit helleren Sandsteinen, Conglomeraten und dunklen Fusulinenkalken. Während die Grauwackenschiefer nur Landpflanzenreste — und zwar solche der Ottweiler Stufe — (*Annularia sphenophylloides*, *Asterophyll. equisetiformis*, *Sphenoph. verticillatum*, *Pecopt. Pluckenetii*, *Alethopt. Serlii*, *Callipteridium* etc.) enthalten, schliessen die Kalke eine reiche marine Fauna ein. Von den über 50 Arten umfassenden Brachiopoden seien genannt *Spirifer Fritschii* SCHELLW. (verwandt *supramosquensis* NIKIT.), *fasciger* KEYSERL. (30,1) u. a., *Enteles Kayseri* u. a., *Orthis Pecosii*, *Derbya Waageni*, *Product. semireticulatus* var. *bathycolpos* SCHELLW., *Pr. lineatus*, *longispinus*, *Marginifera pusilla*;

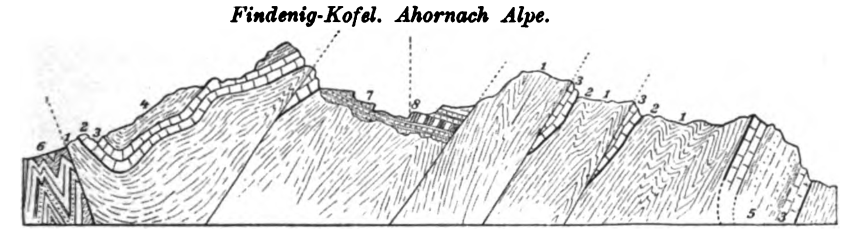


Fig. 34. Discordante Auflagerung des Obercarbon auf silurischen und devonischen Schichten am Findenig-Kofel in den Karnischen Alpen. Nach GEYER.
1 Untersilur. *2, 3, 4* Graptolithenschiefer, Netzkalke und Schiefer des Obersilur. *5* Devonkalk. *6* Culm. *7* Obercarbon-Schiefer, Sandsteine und Conglomerate. *8* Fusulinenkalk.

von anderen Formen nur *Fusulina alpina*, *tenuissima* u. a., *Conocardium uralicum* VERN., *Nautilus* und *Phillipsia scitula* MEEK.

Hauptfundorte für die Fauna dieser von FRECH mit dem Namen Auernigschichten belegten Ablagerungen sind die Krone (Kronalpe) und der Auernig unweit Pontafel. Ihr Hauptinteresse liegt in der wiederholten Wechsellagerung von Conglomeratbänken und Pflanzenschichten, die nur als eingeschwemmte Küstenbildungen gedeutet werden können, mit ächt marinen Kalken. Während die Pflanzen auf die Ottweiler Stufe hinweisen, entspricht die Fauna der russischen Gshelstufe mit *Sp. supramosquensis*, dem mittlerem Obercarbon. Die Aequivalente des oberen

[1]) DE KONINCK, Monogr. des fossiles carbon. de Bleiberg. Bruxelles 1873.
[2]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1884, S. 375.
[3]) Karnische Alpen. Halle 1894, S. 309.
[4]) Fauna des karn. Fusulinenkalks. Paläontogr. 1892 u. 1897 (Brachiopoden und Fusulinen).
[5]) Geol. Verhältnisse des Pontafeler Abschn. d. karn. Alpen. Jahrb. geol. R.-Anst. Wien 1896, S. 127.

Obercarbon oder der Schwagerinenstufe Russlands mit *Schwagerina princeps* sind in Kärnthen verhältnissmässig schwach entwickelt und scheinen vielfach ohne scharfe Grenze in hellfarbige, ebenfalls fusulinenführende Kalke permischen Alters (die sogen. Trogkofelschichten) überzugehen.

Wenden wir uns **Russland** zu, so finden wir hier die durch das Auftreten von Fusulinenkalken gekennzeichnete Entwickelungsform des Carbon im Gegensatz zu ihrem sporadischen Erscheinen in Südeuropa in ausserordentlicher Verbreitung und typischer Ausbildung wieder. Die zum grossen Theil noch nahezu wagerecht liegenden Carbonschichten des europäischen Russland bilden drei grössere Partieen, eine westliche, der das sogen. Moskauer Becken angehört, eine östliche, die sich am Westabhang des Ural hinzieht, und eine südliche, welche die Kohlenfelder des Donetz umfasst. In allen drei Partieen setzt sich die bis über 3000 m mächtig werdende Schichtenfolge vorherrschend aus Kalksteinen zusammen, denen in den verschiedensten Niveaus Mergel, Schiefer, Sandsteine und andere Gesteine, aber reichlichere Kohlenlager nur in der unteren Hälfte eingelagert sind. In allen drei Partieen lässt sich eine obere und eine untere Formationsabtheilung unterscheiden.

Die untere Abtheilung, deren Basis im Moskauer Becken die Kalke von Maljewka-Murajewna mit einer devonisch-carbonischen Mischfauna bilden, besteht theils aus Sanden, Sandsteinen und Thonen mit Kohlenflötzen (darin unter anderem *Lepid. Veltheimianum*), theils aus Kohlenkalk mit *Productus giganteus* u. *latissimus*, *Chonetes papilionacea*, *Spirifer trigonalis* u. *striatus*, *Orthoceras giganteum*, *Phillipsia globiceps* und zahlreichen anderen Arten des westeuropäischen Kohlenkalkes [1]. Sehr bemerkenswerth ist der mehr oder weniger braunkohlenartige Zustand der in der Gegend von Tula (südlich Moskau) auftretenden, noch unter dem Kalk mit *Prod. giganteus* liegenden Kohlenflötze. Die Kohle ist zum Theil noch so kohlenwasserstoffreich, dass sie, an einem Licht entzündet, oft noch lange Zeit mit russender Flamme weiter brennt.

Das Obercarbon beginnt mit der Moskauer Stufe oder den Mosquensis-Schichten (= Mittelcarbon der russischen Geologen). Es sind helle, zum Theil kreideartige Kalke, Dolomite und Mergel, die besonders bei Mjatschkowa unweit Moskau eine reiche marine Fauna einschliessen [2]. *Prod. giganteus* und *latissimus*, die bezeichnenden Formen des Untercarbon, fehlen hier bereits völlig. Als Hauptleitfossilien sind zu nennen *Spir. mosquensis* Fisch. v. Waldh. (30,2) und *fasciger*

[1]) A. Struve, Carbonabl. im südl. Theile d. Moskauer Kohlenbeckens. Mém. Acad. St. Pétersbg. 1886.

[2]) Trautschold, Die Kalkbrüche von Mjatschkowa. Moskau 1874—1879 — die wichtigste Arbeit für die paläontologische Kenntniss der Moskauer Stufe.



KEYSERL. (30,1) und kleine Fusulinen (*cylindrica* (30,7), *gracilis*). Sehr bezeichnend sind ferner *Entéles Lamarcki* (30,4), *Meekella eximia* (30,5), *Archaeocidaris rossica*. Daneben finden sich noch viele Arten des Kohlenkalks, wie *Productus semireticulatus, punctatus* u. *longispinus*, *Spir. lineatus, Athyris ambigua, Orthis resupinata, Streptorh. crenistria* etc., weiter zahlreiche schöne Crinoiden, Fischzähne (*Edestus, Dactylodus* etc.) u. a. m.

Darüber folgen die namentlich im Osten von Moskau entwickelten Schichten mit *Spir. supramosquensis* oder NIKITIN's Gshelstufe[1]). Neben dem genannten Spirifer ist hier (zumal in nördlicheren Gebieten) *Product. cora* sehr bezeichnend; daneben *Rhynchopora Nikitini, Spir. Saranae* (31,1), *Marginifera uralica, Product. timanicus, Chonetes uralica* und *Fusul. Verneuili. Spir. fasciger*, sowie Arten von *Enteles* und *Meekella* sind auch hier häufig und bezeichnend, und ebenso ist auch hier noch eine Reihe von Kohlenkalkarten (*Athyris Roissyi, Prod. semiretic.* u. *longispinus* etc.) vorhanden.

Das Schlussglied des russischen Obercarbon bildet die besonders in der Wolgagegend (Samara etc.) und in Nordrussland sehr entwickelte Schwagerinenstufe. Sie ist namentlich durch das Auftreten von Schwagerinen, dick aufgeblähten kugeligen Fusuliniden, gekennzeichnet. Neben ihnen (*Schw. princeps* [30,6] u. a.) sind als charakteristisch zu nennen *Phillipsia Grünewaldti, Agathiceras uralicum, Pronorites*, Arten von *Aulosteges, Mentzelia corculum, Camaroph. plicata, Marginifera splendens* u. *uralica, Spirif. fasciger* (30,1). Ueber diesen Schichten folgt dann die Artinskstufe der Permformation, von welcher sie, wenn die charakteristischen Artinsk-Ammoniten fehlen, schwer zu trennen sind.

Diese selbe Dreigliederung des Obercarbon ist nicht nur für Centralrussland, sondern auch für den Ural und den Timan gültig.

Im südrussischen Donjetzbecken[2]) weicht die Entwickelung des Obercarbon nur insofern ab, als — ähnlich wie in Kärnthen — zwischen die marinen Kalke mit Brachiopoden, Zweischalern, Trilobiten u. s. w. zahlreiche meist nicht sehr mächtige Kohlenflötze (die den blühenden Steinkohlenbergbau jener Gegend hervorgerufen haben) eingeschoben sind. Auch hier lässt sich eine untere, gegen 1000 m mächtige, durch *Sp. mosquensis* ausgezeichnete Abtheilung unterscheiden. Ihre reiche Flora entspricht im Wesentlichen der Flora der Saarbrücker Schichten (*Neuropteris gigantea, flexuosa, tenuifolia, Pecopteris muricata, Sigillaria alternans* u. *rugosa, Lepid. obovatum* u. *selaginoides, Calam. varians* u. *Suckowii* etc.); nur zu oberst treten schon Arten der Ottweiler Schichten,

[1]) NIKITIN, Dép. carbonif. etc. de Moscou. Mém. comité géol. russe, V, Nr. 5, 1890.

[2]) TSCHERNYSCHEW, Führer z. d. Excurs. d. internat. Geol.-Congr. St. Petersb. 1897, Nr. 16.

wie *Asteroph. equisetiformis* und *Ann. longifolia* (= *stellata*) auf. Die obere, über 2000 m mächtige, nur noch in ihrem unteren Theile bauwürdige Flötze einschliessende Abtheilung enthält von thierischen Fossilien *Spir. supramosquensis*, *mosquensis* (nur in den tiefsten Schichten), *fasciger* etc., *Meekella striatocostata, Enteles carnicus* Schellw., *Prod. cora, Marginif. uralica, Fusulina Verneuili, Phillipsia scitula*, von Pflanzen *Pecopt. arborescens, unita, arguta, Sphenoph. emarginata, Annul. longifolia, Callipteridium* etc. und stellt damit ein Aequivalent der Ottweiler Schichten sowie der Supramosquensis- und zugleich wohl auch der Schwagerinenstufe dar, um so mehr, als im Hangenden Ablagerungen der Artinskstufe und salzführendes Perm folgen.

Sehr bemerkenswerth ist, dass auch im hohen Norden Europas, auf **Spitzbergen** und der **Bäreninsel**, Obercarbon in der russisch-uralischen Ausbildung vorhanden ist[1]). So folgen z. B. auf Spitzbergen über devonischen Bildungen (in Old Red-Entwickelung) und Schichten mit einer Culmflora zunächst Fusulinenkalke mit *Spir. mosquensis*, dann Korallenkalke, dann endlich Spiriferenkalke (die auf der Bäreninsel *Prod. cora* enthalten).

	Kärnthen	Centr.-Russland	Ural	Spitzbergen
Oberes Obercarbon	Kalke mit *Schwagerina*	Schwagerinen-Kalke der Wolgagegend	Schwagerinen-Schichten	Spiriferen-kalke
Mittleres Obercarbon	Auernig-Schichten	Kalke mit *Spir. supramosquensis*	Sch. m. *Prod. cora*, Korallenkalke mit *Petalaxis timanica*	Korallen-kalke
Unteres Obercarbon	—	Kalke mit *Spir. mosquensis*	Sch. m. *Sp. mosqu.* u. *Fusul. cylindrica*	Fusulinenkalk mit *Sp. mosquensis*
Untercarbon	Kohlenkalk oder Culm	Kohlenkalk mit *Prod. giganteus* etc. Kohlenführende Schichten Sande, Thone, Kalke, z. Th. mit mariner Fauna	Kalk mit *Prod. striatus* K. m. *Prod. gigant.* Pflanzenführende Sandst. u. Thone Kalk mit *Prod. mesolobus*	Schichten mit Culm-Flora

[1]) J. G. Andersson, Bullet. geol. inst. Upsala, 1900.

Darnach lässt sich die Zusammensetzung der Fusulinenfacies des Obercarbon in einigen Hauptgebieten Europas durch nebenstehende Tabelle veranschaulichen.

Aussereuropäische Carbonbildungen.

Asien. Sowohl unter- als auch obercarbonische Ablagerungen besitzen in den verschiedensten Theilen des Continentes eine weite Verbreitung.

Das Untercarbon ist in Kleinasien, Persien, in der Kirgisensteppe, in Centralasien (Himalaya,Tian-Shan), Nordchina und anderwärts entwickelt, wo namentlich die Visé-Fauna mit *Product. giganteus, semireticulatus, punctatus* u. s. w. deutlich hervortritt. Bemerkenswerth ist, dass schon diese Schichten gelegentlich — so in der chinesischen Provinz Schantung — Steinkohlenflötze einschliessen.

Das Obercarbon tritt theils in mariner Entwickelung als Fusulinenkalk auf, theils in limnischer Gestalt mit mehr oder weniger grossem Kohlenreichthum; theils endlich besteht es, wie vielfach in China, aus einem Wechsel limnischer und mariner Ablagerungen, ähnlich dem im Donjetzbecken.

Innerhalb der marinen Entwickelung lässt sich die Mosquensis-Stufe in vielen weit von einander entfernten Gebieten wiedererkennen. So besonders in Ostturkestan (südlich Chotan), an der Lenamündung und im Werchojansker Gebirge (nach Meglitzky's Expedition), im Nanshan-Gebirge in Nordwest-China (nach Aufsammlungen des Grafen Szechény und Bestimmungen Lóczy's) und auf Sumatra (bei Pandang). Ausser dem leitenden *Spirifer mosquensis* und Fusulinen haben sich auch hier *Enteles Lamarcki*, *Conocard. uralicum* und andere bezeichnende Arten gefunden [1]).

Höheren Horizonten des Obercarbon gehören wohl die Fusulinenkalke mit *F. japonica, Schwagerina* und anderen Fossilien an, die bei Wladiwostok und längs der ganzen Ostküste Japans verbreitet sind. Ebenso die nach v. Möller im östlichen Alburs auftretenden Kalke mit *Schwag. princeps*. Vor allem aber ist hier die interessante, durch F. v. Richthofen aus Kalken über Steinkohlenflötzen bei Loping (in der südchinesischen Provinz Kiangsi) gesammelte Fauna mit *Fusulina, Enteles* (**30**, 4), *Prod. semireticul.* und *sumatrensis, Strophalosia horrescens* (**35**, 8), *Richthofenia, Lyttonia* (**35**, 6, 3) etc. zu nennen, die nach dem Auftreten der

---

[1]) Eine dankenswerthe Uebersicht über die obercarbonen Faunen Süd- und Ostasiens hat neuerdings Fliegel veröffentlicht (Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1898 und Paläontogr. Bd. 48, 1901).

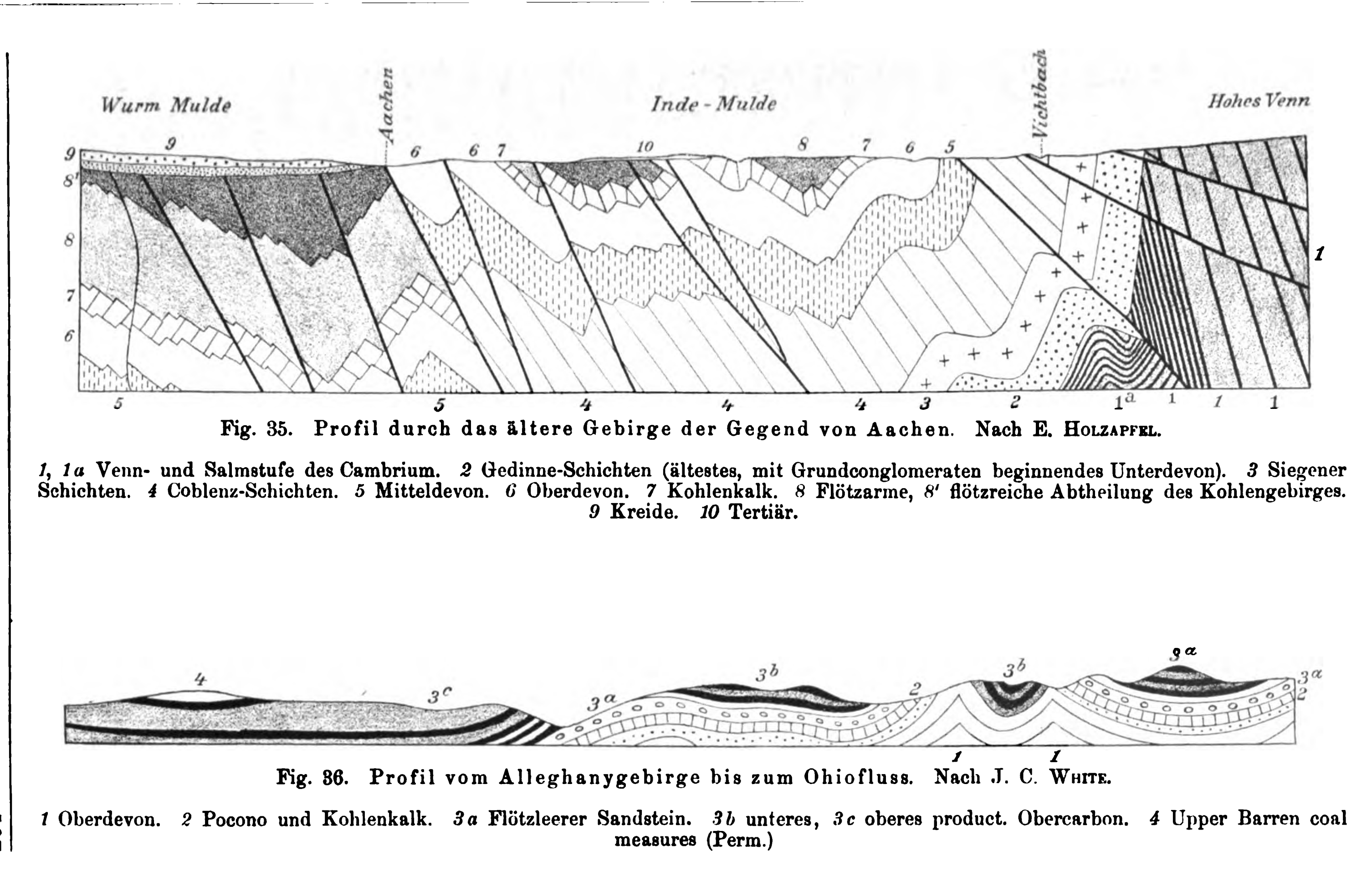


Fig. 35. Profil durch das ältere Gebirge der Gegend von Aachen. Nach E. Holzapfel.

1, 1a Venn- und Salmstufe des Cambrium. *2* Gedinne-Schichten (ältestes, mit Grundconglomeraten beginnendes Unterdevon). *3* Siegener Schichten. *4* Coblenz-Schichten. *5* Mitteldevon. *6* Oberdevon. *7* Kohlenkalk. *8* Flötzarme, *8'* flötzreiche Abtheilung des Kohlengebirges. *9* Kreide. *10* Tertiär.

Fig. 36. Profil vom Alleghanygebirge bis zum Ohiofluss. Nach J. C. White.

1 Oberdevon. *2* Pocono und Kohlenkalk. *3a* Flötzleerer Sandstein. *3b* unteres, *3c* oberes product. Obercarbon. *4* Upper Barren coal measures (Perm.)

drei letztgenannten, wesentlich permischen Typen zu schliessen, einem sehr hohen Niveau des Obercarbon, wenn nicht gar dem Perm angehören muss. Auch in Kleinasien (Cilicien, Chios etc.), in den centralasiatischen Hochgebirgen, auf Timor u. a. sind obercarbone Fusulinenkalke aufgefunden worden.

Unter den festländischen Obercarbonbildungen des asiatischen Continents sind die von Heraclea in Kleinasien dadurch interessant, dass hier die Flora der Waldenburger und der oberen Saarbrücker Stufe nachgewiesen worden ist [1], und die auf der Ostseite des mittleren Ural dadurch, dass das Obercarbon hier Salz und Gyps führt. Steinkohlen finden sich in Nord- und Ostasien in grosser Verbreitung, indess nirgends in solcher Ausdehnung und Mächtigkeit wie in China. Im Nordosten des Landes (so in Schantung), im Westen und Süden, besonders aber in der Provinz Schansi sind nach Richthofen so gewaltige Kohlenschätze vorhanden wie sonst nirgends auf der Erde. Mit Ausnahme ihres südwestlichen Theils stellt die ganze Provinz ein einziges, fast 35000 qkm grosses Kohlenfeld mit horizontal liegenden, bis 10 m starken Flötzen ausgezeichneten Anthracits dar! Im Südwesten aber findet sich, ebenfalls in ungeheurer Verbreitung, gute bituminöse Kohle [2]).

Nordamerika. Die Carbonformation besitzt namentlich im Osten und in der Mitte des Continentes eine ausserordentliche Verbreitung, ist aber auch im Westen gut vertreten. Im Osten schliesst sich die Entwickelung an die westeuropäische an: es sondert sich hier eine obere, kohlenreiche Abtheilung mit Millstone grit als Basis von einer unteren kalkig-sandigen Abtheilung, die zwar hie und da ebenfalls Kohlenflötze einschliesst, aber stratigraphisch und paläontologisch dem Untercarbon entspricht. Schon im Mississippi-Gebiete, in den Staaten Illinois, Indiana, Missouri, Arkansas etc. schieben sich wie am Donjetz im Obercarbon zwischen die steinkohlenführenden limnischen Ablagerungen marine Kalke mit *Fusulina cylindrica*, *Spirifer cameratus* Morton (kaum verschieden von *fasciger* Keys.), zahlreichen *Productus*-Arten (*cora, punctatus, semireticulatus*), *Enteles, Meekella, Archaeocidaris,* seltener auch Goniatiten (*Gastrioceras Branneri*, *Marianum* Vern. u. a., *Pronorites*, *Paralegoceras* etc.) [3]), *Phillipsia* (*scitula* u. a.), Fischresten (*Edestus*, *Dactylodus* etc.) u. s. w. ein. Noch weiter nach Westen endlich, in den Staaten Kansas, Nebrasca, Utah, Arizona, Nevada u. s. w., finden wir, ähnlich wie in Centralrussland, eine fast ausschliesslich marine kalkige Entwicke-

---

[1]) G. Ralli, Ann. soc. géol. de Belg. Bd. 23, 1896.

[2]) v. Richthofen, China, Bd. II, S. 473.

[3]) Perrin-Smith, Marine fossils from the Coal measures of Arcansas (Proc. Amer. phil. Soc. 35, Nr. 152).

lung des Obercarbon, die nach oben ganz allmählich in marines Perm übergeht [1]).

Am grössten ist die Uebereinstimmung mit Westeuropa in Neufundland und Neuschottland, wo unter Aequivalenten des Perm concordant rothe kohlenführende Sandsteine, Schiefer und Conglomerate des productiven Obercarbon, dann als Vertreter des Flötzleeren 600 m röthliche Sandsteine und Conglomerate, dann endlich Untercarbon in Gestalt von Kohlenkalk mit grossen Producten (*giganteus*), gypsführenden Mergeln (40 m) und einem mehrere hundert Meter mächtigen groben Basalconglomerat entwickelt ist [2]).

In dem durch seine Kohlenschätze so berühmten Pennsylvanien sind die untersten sandigen Schichten des Untercarbon (der Poconosandstone) reich an Petroleum, dessen Auftreten hier, ähnlich wie bei Baku im Kaspigebiet, im Wesentlichen an Antiklinen gebunden ist. Darüber kommen Kohlenkalk und merglige Schiefer. Das Obercarbon beginnt auch hier mit einer bis 500 m mächtig werdenden, dem Flötzleeren entsprechenden Conglomerat-Zone (Pottsville congl.), die bereits Kohlenflötze führt und die Flora der Waldenburger Schichten (*Asteroc. scrobic.*, *Lepid. Veltheim.*, *Sphenopt. divaricata* und *Höninghausi* etc.) einschliesst. Dann erst folgt das eigentliche productive Obercarbon mit seinen weit ausgedehnten und mächtigen Flötzen (das Pittsburger durchschn. 3—5 m) und der Flora der Saarbrücker und Ottweiler Schichten, über welchem endlich concordant die „Upper barren coal measures“ liegen, die ebenfalls noch kohleführend, schon dem Rothliegenden zufallen [3]).

Im Ganzen lassen sich in den Vereinigten Staaten folgende 6 Hauptkohlengebiete unterscheiden (siehe Kärtchen Fig. 37):

1. Anthracitgebiet von Neuengland (Rhode Island), etwa 1300 qkm umfassend.
2. Anthracitfeld von Pennsylvanien, 1200 qkm.
3. Das grosse appalachische Kohlenfeld (Pennsylvanien, Maryland, Westvirginien, Ohio, Kentucky, Tennessee etc.) etwa 150000 qkm gross.
4. Michiganbecken, 17—18000 qkm.
5. Grosses centrales Kohlengebiet (Illinois, Indiana, Kentucky etc.), 120000 qkm.
6. Grosses westliches oder Missouri-Gebiet (Iowa, Missouri, Texas, Arkansas), etwa 200000 qkm umfassend [4]).

[1]) Prosser, Journ. of Geology, III, 1895, S. 682; V, 1897, S. 1.

[2]) W. Dawson, Bull. geol. Soc. Amer. II, 529, 1891.

[3]) J. C. White, Bull. geol. Soc. Amer. III, 187, 1892.

[4]) Wir bemerken zum Vergleiche, dass die Gesammtausdehnung der englisch-schottischen Steinkohlengebiete auf 30000 qkm geschätzt wird.

Es sei schliesslich noch auf die überraschend grosse Uebereinstimmung der carbonischen Floren Nordamerikas mit denen Europas hingewiesen. Nach einer neuen Arbeit von D. White[1]) hätten die gleichaltrigen Schichten beider Gebiete nicht weniger als $^{19}/_{20}$ der Gattungen und mehr als die Hälfte der Species gemein!

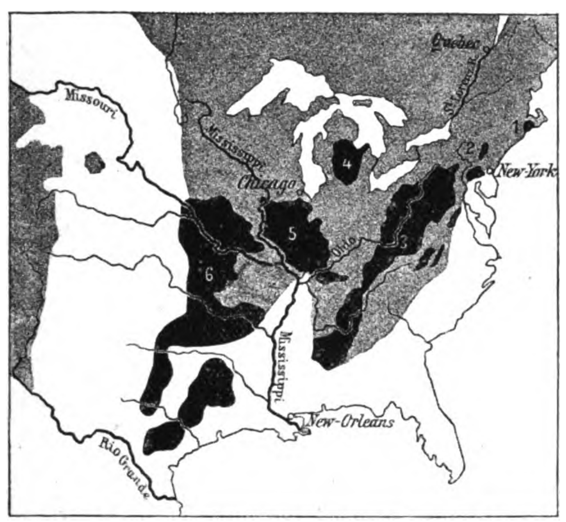


Fig. 37. Kärtchen der Hauptsteinkohlenfelder der Vereinigten Staaten. (Mattgrau ältere Gesteine; schwarz Steinkohlenfelder; weiss jüngere Ablagerungen.)

In **Central- und Südamerika** ist sowohl Unter- als auch Obercarbon entwickelt. Kohlenkalk kommt nach Philipps unter dem 32.° s. Br. in Chile vor, während Szajnocha in etwa gleicher Breite bei Retamito im nordwestlichen Argentinien kohlenführende Sandsteine mit *Asteroph. scrobiculatus* und *Lepidodendron*, also anscheinend Culm angetroffen hat. Obercarbone Fusulinenkalke finden sich nach Sapper in Guatemala und besitzen nach Hartt, Katzer u. A. eine grosse Verbreitung im unteren Amazonas-Becken, wo sie ungleichförmig auf älteren Gesteinen auflagernd, *Spir. cameratus, Product. cora, nebrascensis* und *semireticulatus, Phillipsia, Archaeocidaris* etc. enthalten.

In **Australien** werden aus Queensland und Victoria ebenfalls culmische Ablagerungen mit *Asterocalamites* und *Lepidodendron* angegeben.

In **Afrika** endlich gehört im Süden des Continentes möglicherweise der oberste Theil der in der Hauptsache dem Devon zufallenden sogen. Capformation dem Carbon an. Ein Steinkohlenbecken mit der Flora der Ottweiler Schichten findet sich nach Zeiller bei Tete im

[1]) Flora of the lower coal measures of Missouri (Mem. U. St. Geol. Surv. 37, 1899, S. 305).

Zambesigebiete. Obercarbonkalke mit *Spir. mosquensis* sind aus der Sahara, solche mit derselben Leitform, *Spir. fasciger, Derbyia* aff. *senilis* etc. aus dem Wadi el Arabah in Aegypten bekannt geworden.

Paläontologischer Charakter der Carbonformation.

Das Carbon ist die erste paläozoische Formation, in der neben thierischen pflanzliche Reste eine grosse Bedeutung erlangen. Schon oben ist hervorgehoben worden, dass diese Pflanzen ausschliesslich Landpflanzen sind. Das erste Auftreten solcher reicht bis in das silurische Zeitalter zurück; allein alle vorculmischen Landfloren sind verhältnissmässig unwichtig; die erste wirklich reiche und weit verbreitete Flora gehört überall dem Carbon an.

Die Kenntniss der Carbonflora ist, wie die fossile Pflanzenkunde überhaupt, von Adolphe Brongniart ausgegangen[1]). In Deutschland hat sich zuerst Graf Sternberg (1820) mit der Erforschung der fossilen Pflanzen beschäftigt. Später ist ihre Kenntniss durch Göppert, Unger, Heer, Schimper, Geinitz u. A. gefördert worden. Um das Studium der Carbonflora im Besonderen haben sich in neuerer Zeit in Deutschland namentlich E. Weiss, D. Stur, Sterzel, Graf Solms und Potonié[2]) verdient gemacht, in Frankreich Grand' Eury, Renault und Zeiller, in England Williamson und Kidston, in Nordamerika Lesquereux.

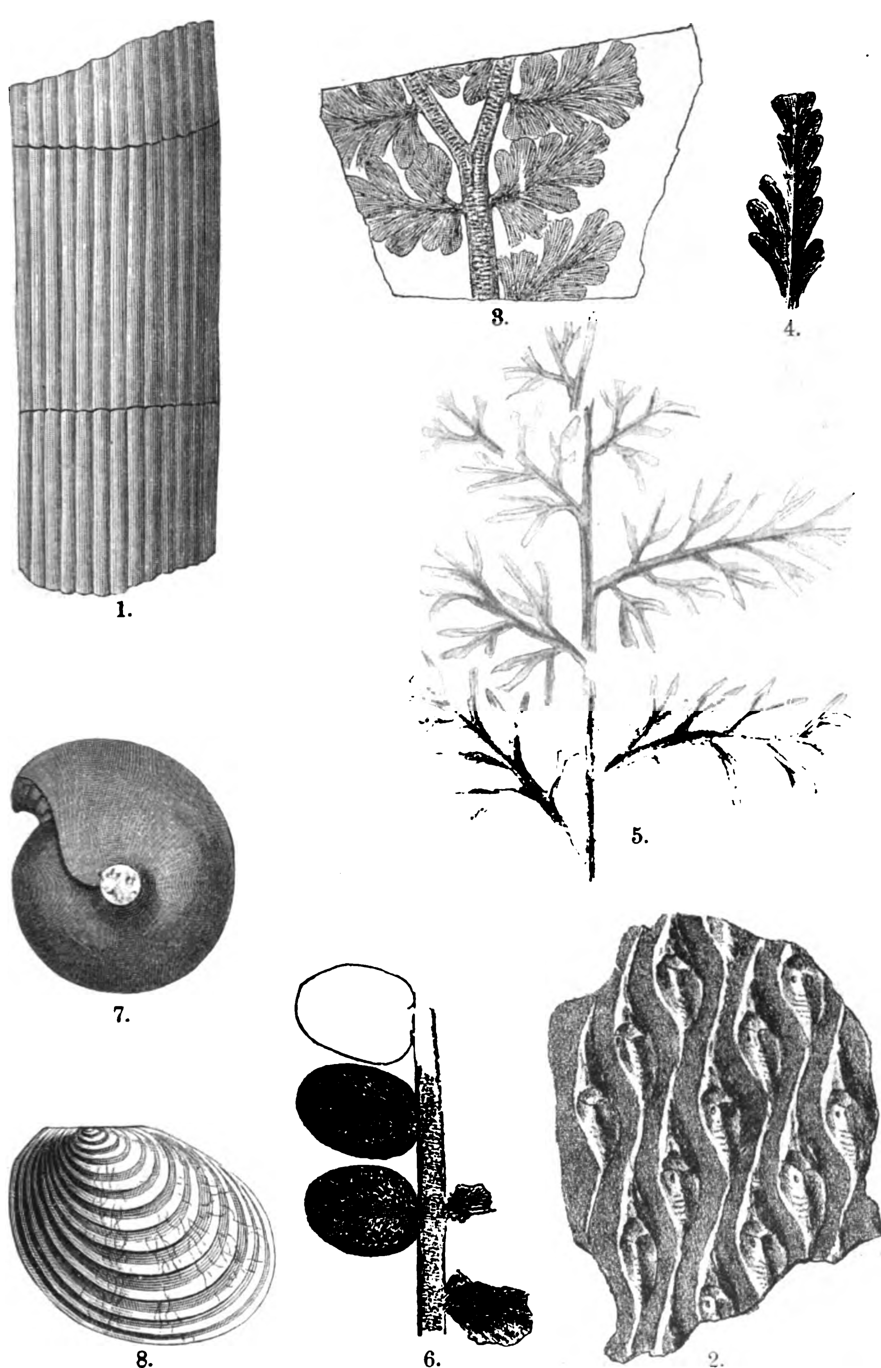
Brongniart unterschied drei grosse geologische Vegetationsperioden: 1. das Reich der Acrogenen, 2. das der Gymnospermen und 3. das der Angiospermen. Die paläozoischen Floren gehören ganz dem Reiche der Acrogenen an, welches ausgezeichnet ist durch das Vorherrschen der acrogenen Kryptogamen (Farne, Lycopodiaceen, Equisetaceen), während die Monocotylen (Gräser, Palmen etc.) und Gymnospermen (Cycadeen und Coniferen) noch selten sind und Angiospermen (Laubhölzer) noch völlig fehlen. Im Ganzen zählte Brongniart 1849 gegen 500 carbonische Pflanzen mit 346 Acrogenen (250 Farne, 83 Lycopodiaceen, 13 Equisetaceen) und 135 Gymnospermen und in ihrer Classification zweifelhaften Pflanzen. Gegenüber den mehr als 6000 Arten bloss von Phanerogamen in der heutigen Flora Europas müsste diese Armuth der Steinkohlenflora auffallen, wenn sie sich nicht aus der Abwesenheit der Angiospermen und dem fast völligen Fehlen der Monocotylen erklärte.

---

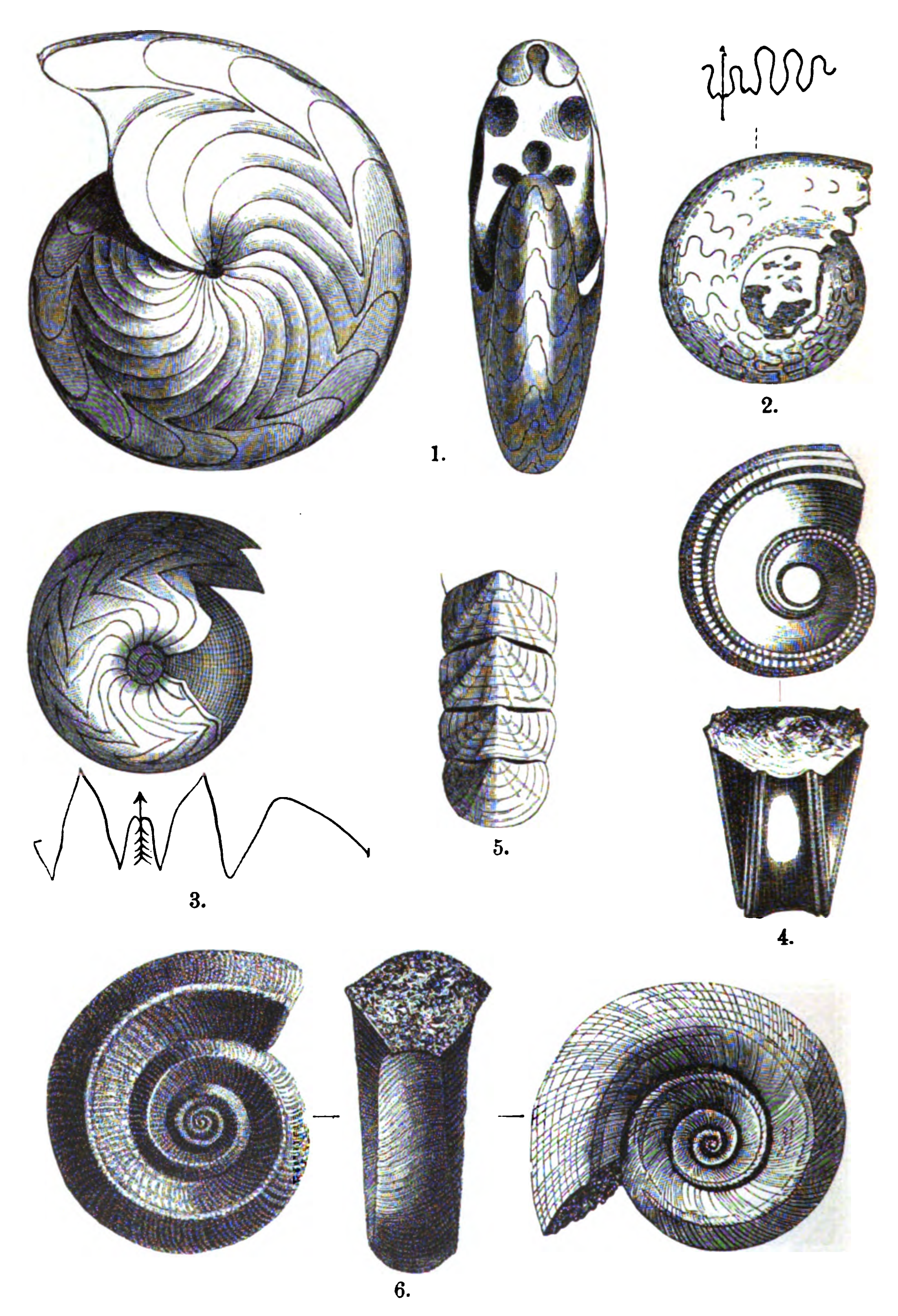
[1]) Prodrome d'une histoire des végétaux fossiles. Paris 1828.

[2]) Floristische Gliederung d. deutsch. Carbon und Perm. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1896. — Lehrbuch d. Pflanzenpaläontologie. Berlin 1899.

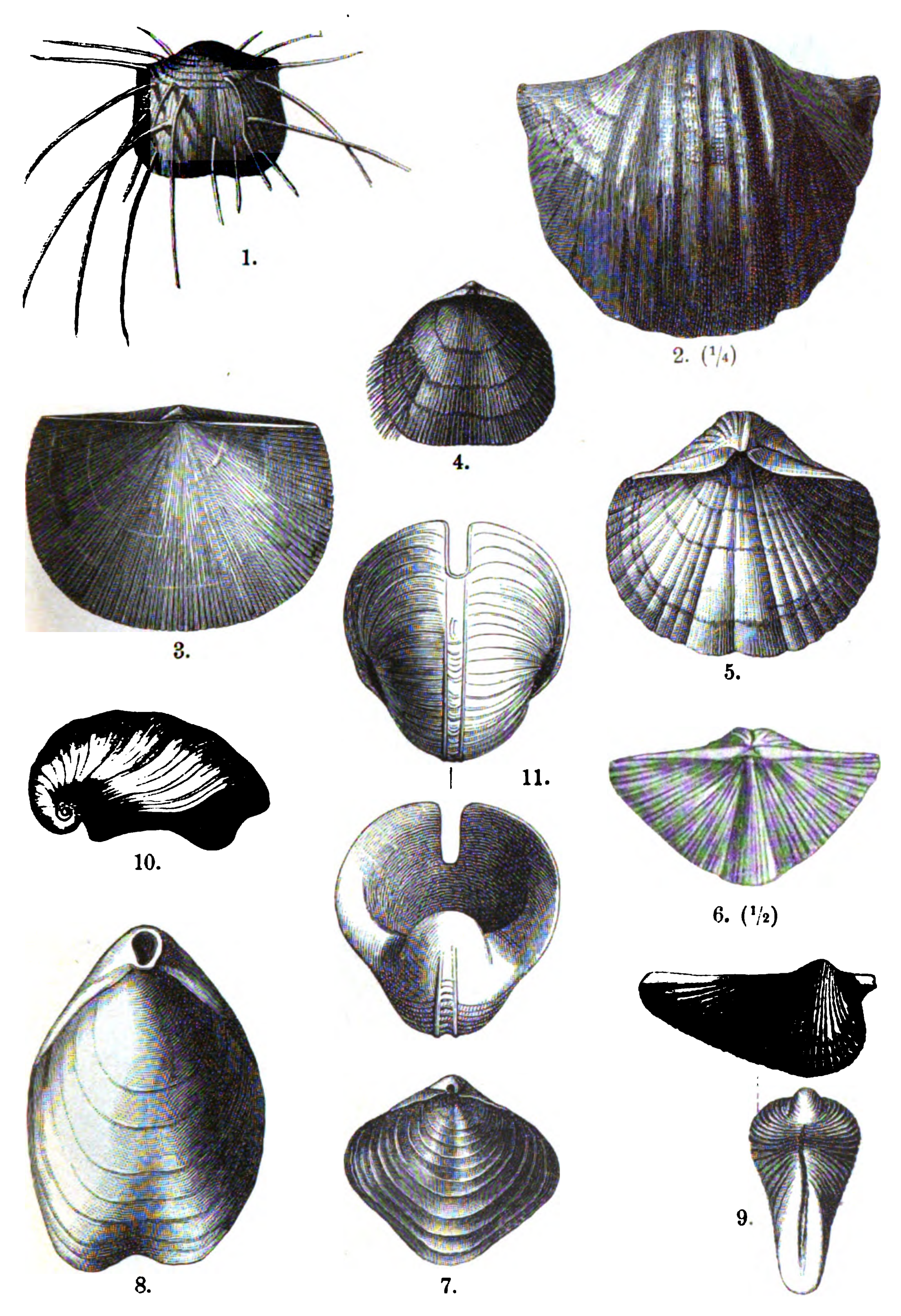




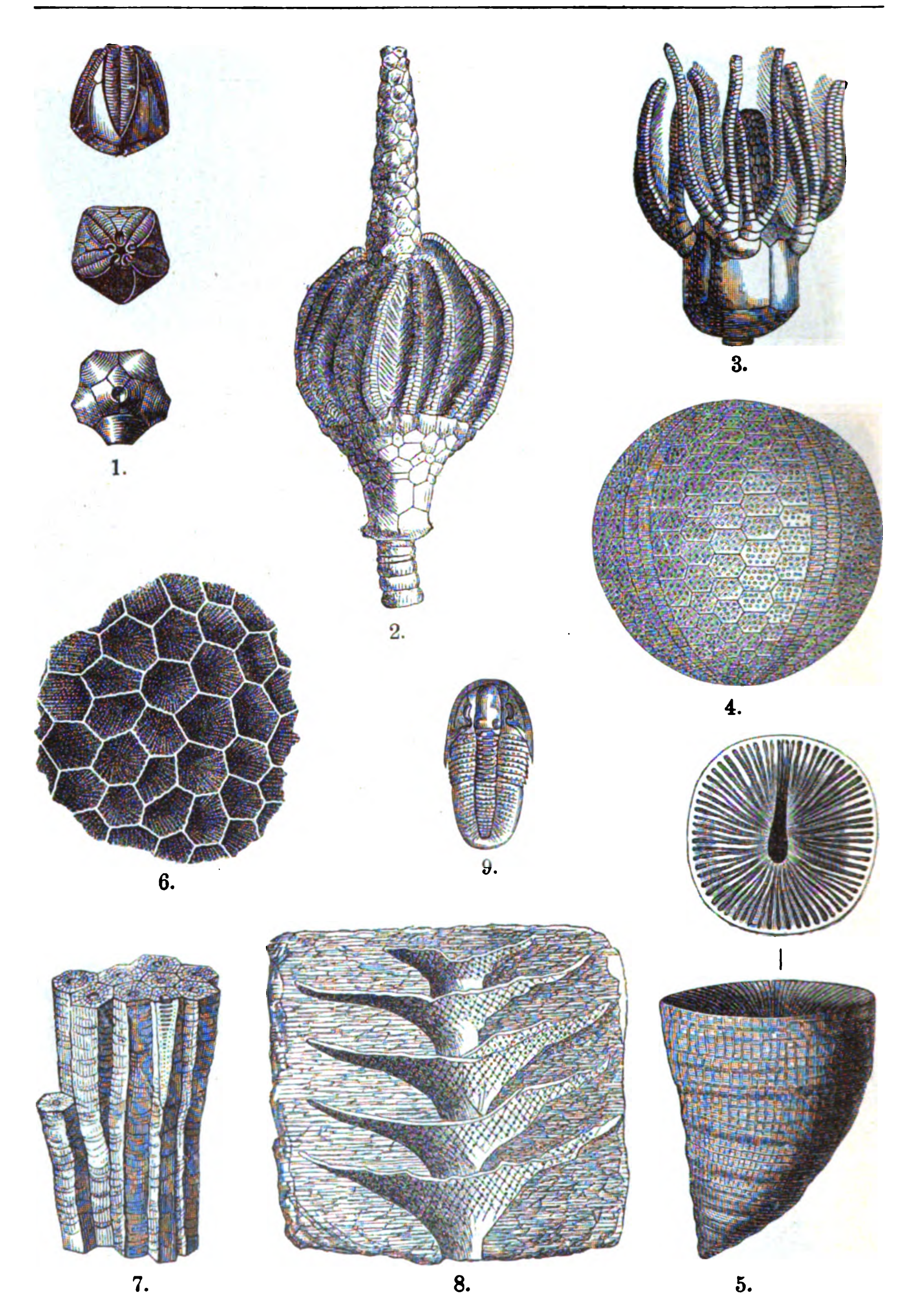
Taf. 22. Versteinerungen des Culm. 1. *Asterocalamites scrobiculatus* SCHLOTH. (= *radiatus* BRG. = *transitionis* GÖPP.), Steinkern. 2. *Lepidodendron Veltheimianum* STERNB., Rindenstück. 3. *Sphenopteridium dissectum* GÖPP. 4. *Sphenopteridium Tschermaki* STUR. 5. *Rhodea patentissima* STUR. 6. *Cardiopteris polymorpha* GÖPP. 7. *Glyphioceras sphaericum* MART. 8. *Posidonia Becheri* BRONN.



Taf. 23. Kohlenkalk-Cephalopoden und -Gastropoden. 1. *Brancoceras rotatorium* de Kon. 2. *Pronorites cyclolobus* Phill. Mit Sutur. 3. *Glyphioceras crenistria* Phill. Mit Sutur. 4. *Nautilus bilobatus* Sow. 5. *Chiton priscus* Münst. 6. *Euomphalus pentangulatus* Sow.



Taf. 24. Kohlenkalk-Brachiopoden und Mollusken. 1. *Productus longispinus* Sow. 2. *Prod. giganteus* Sow. 3. *Streptorhynchus crenistria* Phill. 4. *Orthis Michelini* Léveillé. 5. *Spirifer pinguis* Sow. 6. *Spirifer striatus* Mart.. 7. *Athyris lamellosa* Lév. 8. *Terebratula (Dielasma) hastata* Sow. 9. *Conocardium aliforme* Sow. 10. *Acroculia neritoides* Phill. 11. *Bellerophon bicarenus* Léveillé.



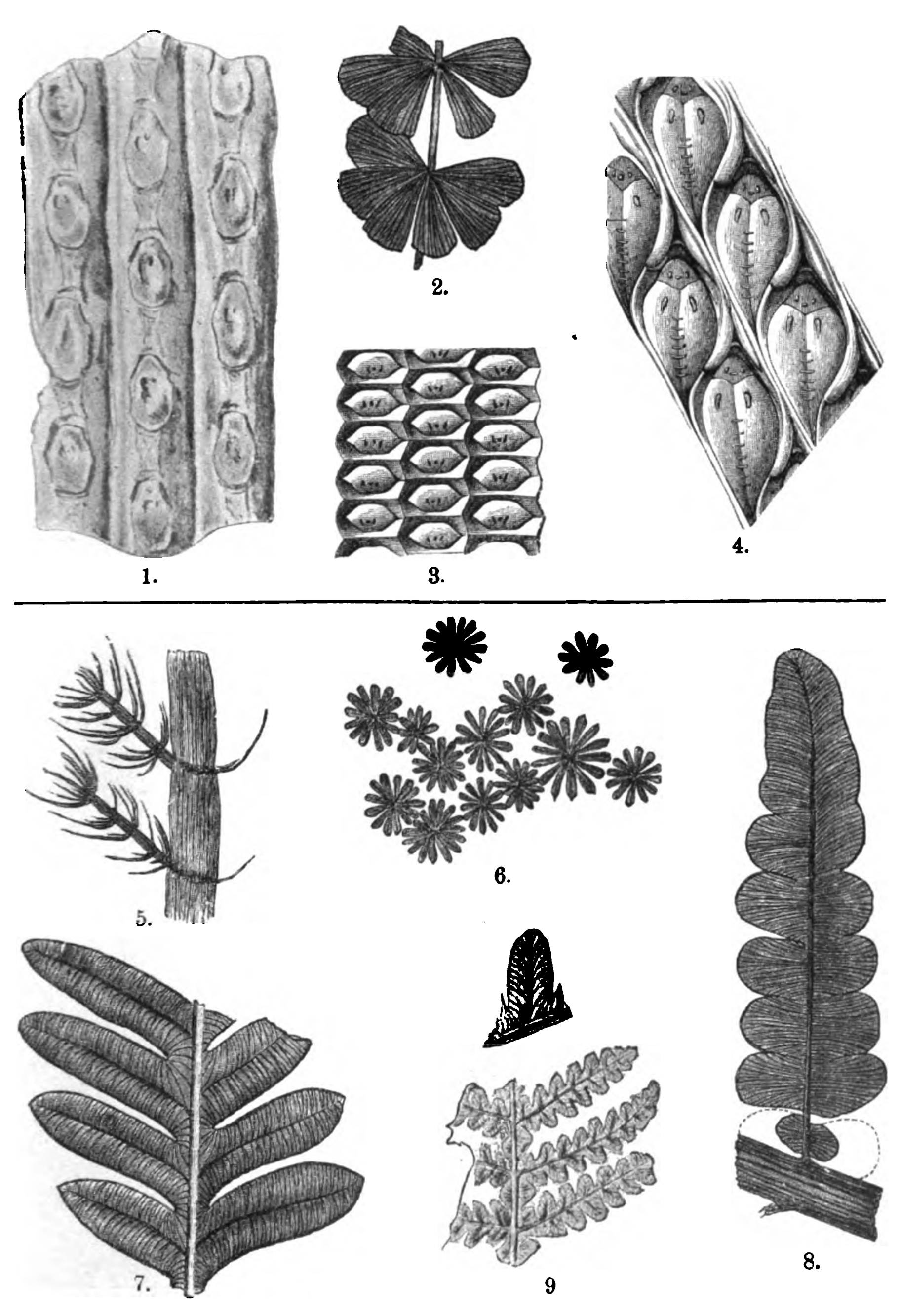
Taf. 25. Versteinerungen des Kohlenkalks. 1. *Pentremites florealis* Sav. 2. *Actinocrinus pyriformis* Shum. 3. *Platycrinus trigintidactylus* Austin. 4. *Palechinus elegans* M'Coy. 5. *Zaphrentis cornicula* Lesueur. 6. *Michelinia favosa* de Kon. 7. *Lithostrotion basaltiforme* Phill. 8. *Archimedipora Worthani* Hall. 9. *Phillipsia gemmulifera* Phill.



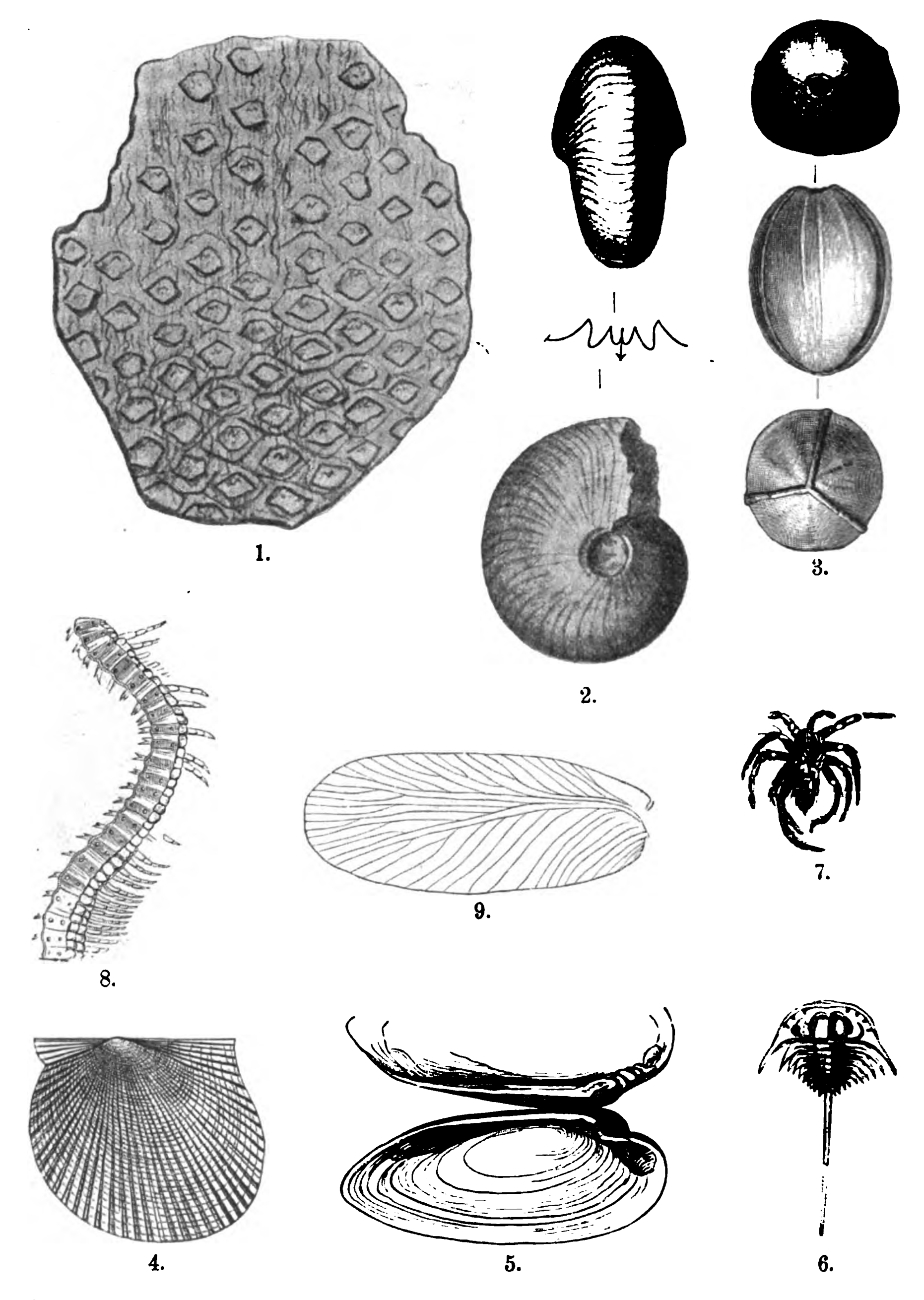
Taf. 26. Pflanzen der Waldenburger Stufe. 1. *Lepidodendron Volkmannianum* Sternb. 2. *Adiantites oblongifolius* Göpp. 3. *Sphenopteris elegans* Brg. 4. *Sphenophyllum tenerrimum* Ettingh. 5. *Rhodea dissecta* Brg. 6. *Rhacopteris transitionis* Stur. 7. *Alloiopteris quercifolia* Stur. Ganz rechts: Fiederchen, stark vergr.



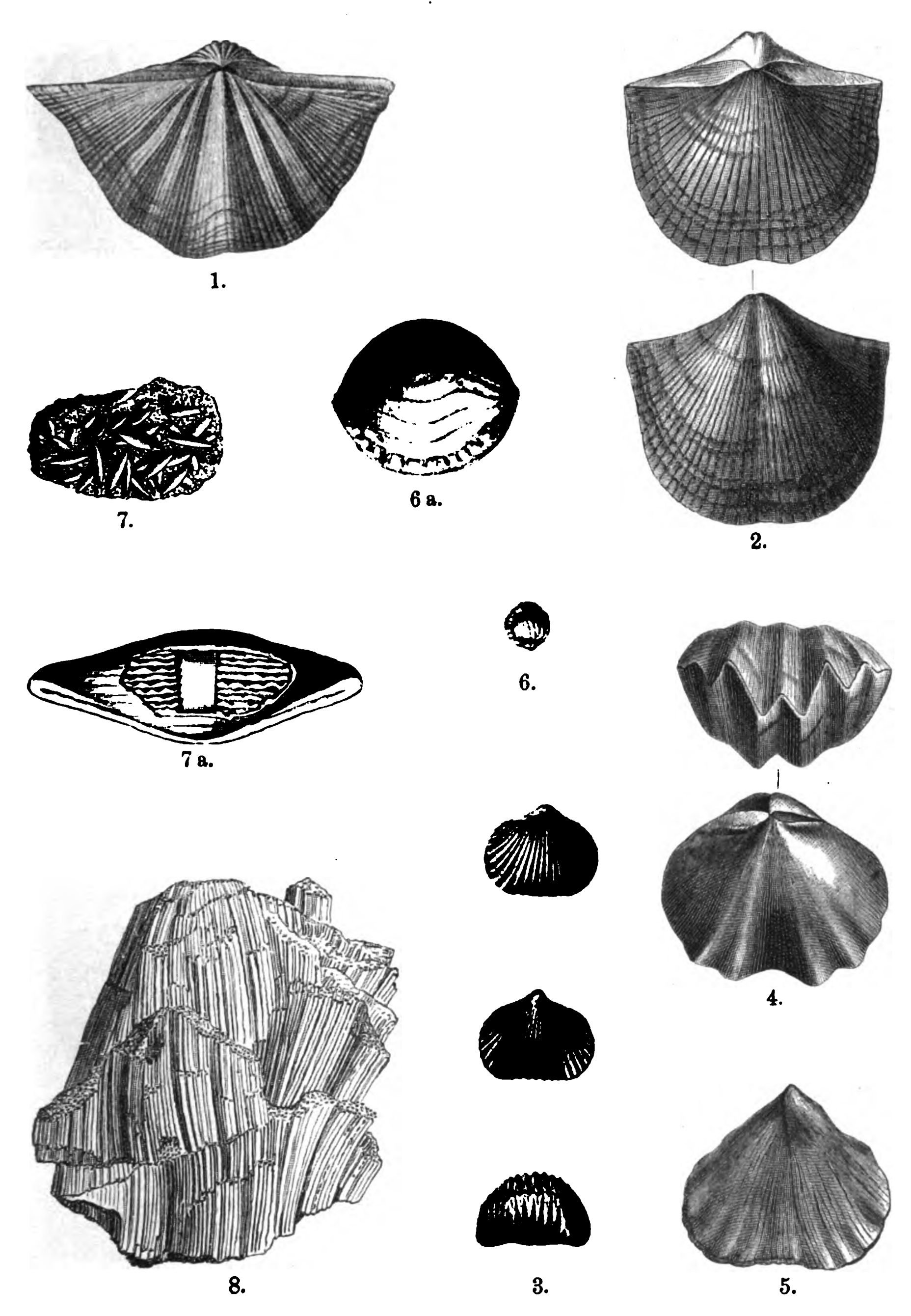
Taf. 27. Farne der Saarbrücker Stufe. 1. *Mariopteris muricata* Zeill. 2. *Palmatopteris furcata* Brg. 3, 3 a. *Sphenopteris obtusiloba* Brg. 4. *Neuropteris flexuosa* Brg. 5, 5 a. *Pecopteris dentata* Brg.



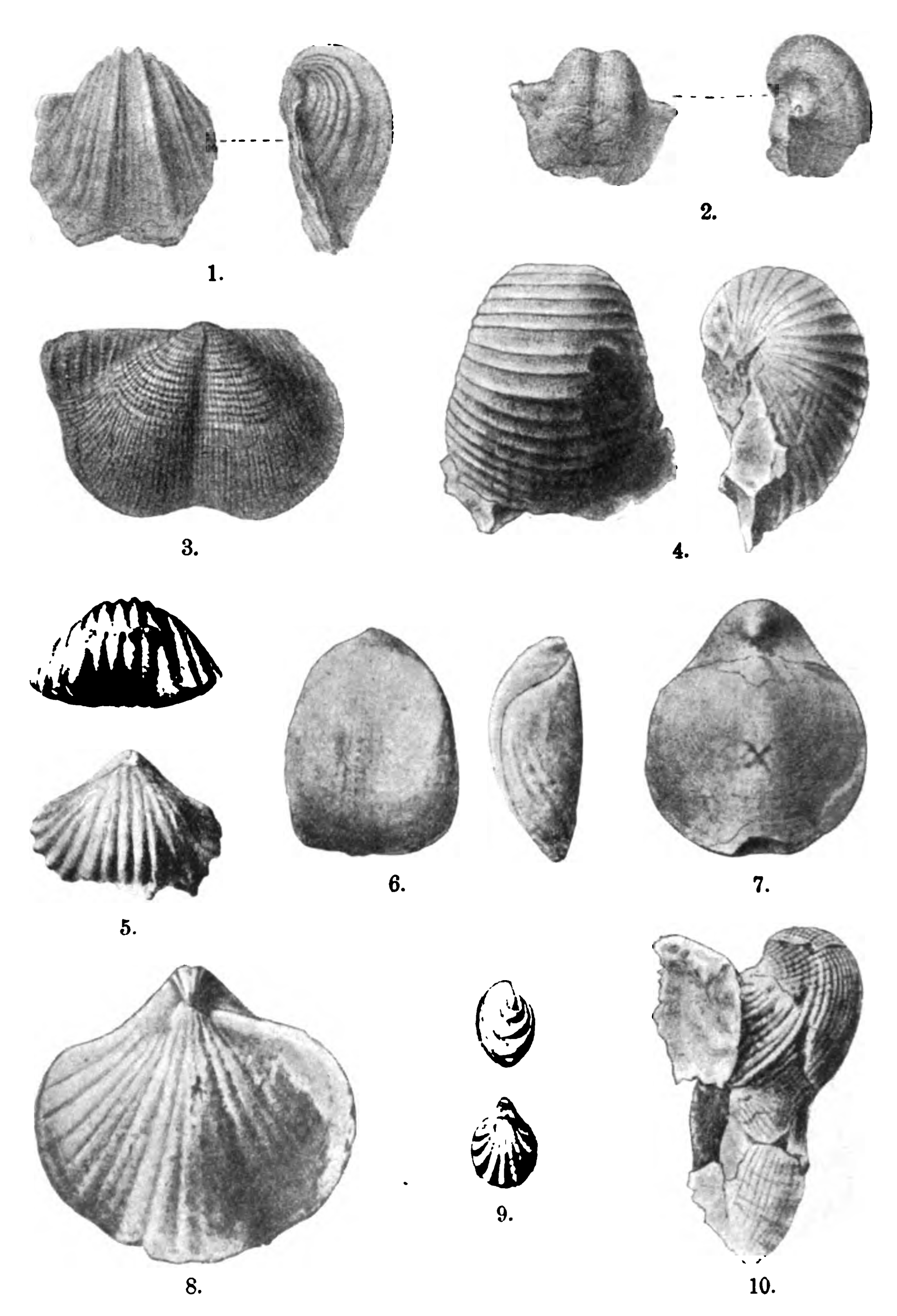
Taf. 28. Pflanzen der Saarbrücker (oben) und Ottweiler Stufe (unten). 1. ***Rhytidolepis elongata*** Brg. 2. ***Sphenophyllum verticillatum*** Schloth. 3. ***Favularia hexagona*** Brg. Rindenstück. 4. ***Lepidodendron dichotomum*** Sternb. Desgl. 5. ***Asterophyllites equisetiformis*** Schloth. 6. ***Annularia sphenophylloides*** Zenk. 7. ***Alethopteris Serli*** Brg. 8. ***Odontopteris obtusa*** Brg. 9. ***Callipteridium pteridium*** Schloth.



Taf. 29. Pflanzen- und Thierreste der Ottweiler Stufe (Fig. 1) und der productiven Kohlenformation. 1. *Sigillaria Brardi* Brg. 2. *Glyphioceras (Pericyclus) diadema* Goldf. Mit Lobenlinie. 3. *Trigonocarpus Nöggerathi* Brg. 4. *Aviculopecten papyraceus* Sow. 5. *Anthracosia Lottneri* Ludw. 6. *Belinurus reginae* Baily. 7. *Protolycosa anthracophila* F. Röm. 8. *Euphoberia armigera* Meek und Worthen. 9. *Etoblattina manebachensis* Goldenb.



Taf. 30. Fossilien des obercarbonen Fusulinenkalks. 1. *Spirifer fasciger* Keyserl. 2. ***Spirifer mosquensis*** Fischer v. Waldh. 3. ***Rhynchopora Nikitini*** Tschern. 4. ***Enteles Lamarcki*** Fisch. 5. ***Meekella eximia*** Eichw. 6. ***Schwagerina princeps*** Ehrb. 6 a. vergröss. 7, 7 a. ***Fusulina cylindrica*** Fisch. 8. ***Chaetetes radians*** Fisch., im Längsbruch.



Taf. 31. Brachiopoden des marinen Obercarbon. 1. *Spirifer Saranae* de Verneuil. 2. *Marginifera typica* Waag. 3. *Productus semireticulatus* var. *bathycolpos* Schellw. 4. *Prod. fasciatus* Kutorga. 5. *Camarophoria mutabilis* Tschern. 6. *Terebratula (Dielasma) timanica* Tschern. 7. *Martinia uralica* Tschern. 8. *Spirifer panduriformis* Kut. 9. *Retzia remota* Waag. 10. *Proboscidella genuina* Kut.

Unter den Acrogenen spielen wegen ihrer grossen Häufigkeit und Mannigfaltigkeit eine Hauptrolle die Farne, von denen indess in der Regel nur Wedel oder Theile von solchen gefunden werden. Da die für die Classification der lebenden Farne so wichtigen Sori (Sporangienhäufchen) auf der Unterseite der Fiederchen bei carbonischen Farnen nur selten sicher beobachtet sind, so hat Brongniart ihre Eintheilung auf andere Merkmale, besonders auf die Anordnung der Blattnerven gegründet. Es hat zwar nicht an Versuchen gefehlt, diese Eintheilung durch eine natürliche zu ersetzen; bei der grossen Seltenheit fertiler paläozoischer Farnreste haben indess diese Versuche nicht zum gewünschten Erfolge geführt, so dass man im Wesentlichen noch heute auf die Brongniart'sche Classification angewiesen ist.

Die wichtigsten carbonischen Farntypen sind:

Familie der Archaeopteriden (Fiederchen nach dem Grund zu verschmälert, ohne Mittelader). *Adiantites* (F. elliptisch bis spatelförmig — 26, 2). *Sphenopteridium* (F. ungleich, keilf. — 22, 4). *Cardiopteris* (F. kreisförmig, breiter ansitzend — 22, 6). *Rhacopteris* (F. gross, st. zerschlitzt — 26, 6).

Familie der Sphenopteriden (F. klein, am Grunde keilf., mit deutl. Mittelader). *Sphenopteris* (F. gerundet mit fiedriger bis gabeliger Aderung, sehr artenreich — 26, 3). *Palmatopteris* (F. gegabelt-fächerig — 27, 2). *Alloiopteris* (F. sehr unsymmetrisch — 26, 7). *Rhodea* (F. schmal, lineal — 22, 5). *Mariopteris* (F. zieml. gross, dreieckig, geschlitzt — 27, 1).

Familie der Pecopteriden (F. mit breiter Basis ansitzend). *Pecopteris* (mit fiedrig-verzweigter Mittelader; sehr artenreich — 27, 5). *Alethopteris* (F. langgestreckt — 28, 7). *Callipteridium* (ausser der Mittelader noch kurze Seitenadern — 28, 9). *Odontopteris* (ohne Hauptader — 28, 8). *Lonchopteris* (F. pecopteridisch, aber netzadrig).

Familie der Neuropteriden (F. zungenf., kurzstielig, am Grunde herzf. ausgeschnitten). *Neuropteris* (mit starker Mittel- und fiedrig ansitzenden Nebenadern — 27, 4). *Linopteris* = *Dictyopteris* (F. gross, netzadrig).

Eine ganz ausserordentliche Entwickelung besassen weiter die Lycopodiaceen, zu denen die krautartigen, am Boden unserer Wälder hinkriechenden Bärlappgewächse (*Lycopodium* u. a.) gehören. Abweichend von diesen aber bildeten die carbonischen Vertreter dieser Gruppe gewaltige dickstämmige Bäume. Die beiden wichtigsten hierhergehörigen Typen dieser sogen. Lepidophyten sind die Lepidodendren oder Schuppen-

bäume und die Sigillarien oder Siegelbäume. Bei beiden war die Rinde in strenger Regelmässigkeit mit grossen Blattnarben bedeckt und die Blätter von einfacher, lanzettförmiger Gestalt.

Bei den Lepidodendren, deren Stämme sich schon in geringer Höhe über dem Boden gabelig verzweigten (Fig. 38), waren die Blattnarben von rhombischer Gestalt und liefen in schrägen Reihen um Stamm und Aeste herum bis hinauf in die jüngsten Zweigspitzen (Fig. 39). Am Ende der Zweige trugen sie lange cylindrische Fruchtzapfen (*Lepidostrobus*)[1]).

Die Stämme der Sigillarien waren, wie es scheint, erst in grösserer Höhe und viel schwächer oder überhaupt nicht verzweigt. Man unterscheidet 3 Haupttypen: 1. Favularien mit zickzackförmig verlaufenden Trennungslinien der Blattnarben — **28**, 3, 2. Rhytidolepen mit durch gerade Längsfurchen getrennten Narbenzeilen — **28**, 1, und 3. Subsigillarien, bei welchen die grossen Blattnarben auf rhombischen Polstern oder ohne solche auf furchenloser Rinde stehen — **29**, 1. Die Favularien haben ihre Hauptentwickelung an der oberen Grenze der Waldenburger Schichten (Favularien-Zone); die Rhytidolepen sind besonders in den Saarbrücker Schichten zu Hause;

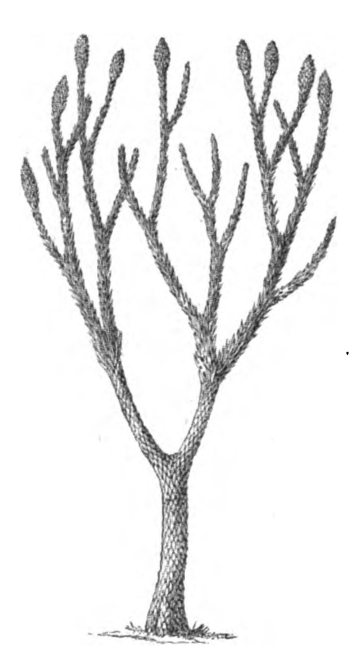




Fig. 38. Restauration eines stark verkleinerten *Lepidodendron*-Stammes.



Fig. 39. Jugendlicher, noch beblätterter Zweig von *Lepidodendron sp.*

[1]) Die sogen. Gattung *Knorria* stellt entrindete Steinkerne von *Lepidodendron* dar.

die Subsigillarien endlich im oberen Obercarbon und Perm, reichen aber vereinzelt bis in den Buntsandstein hinauf.

Die langen, sich vielfach gabelnden, cylindrischen, mit kreisrunden Narben versehenen Stigmarien, die sich oft zu Tausenden in den die Steinkohlenflötze begleitenden Schieferthonen finden, stellen, wie ihre zuweilen zu beobachtende Verbindung mit Sigillarienstämmen lehrt (Fig. 40), Rhizome von solchen, vielleicht auch von Lepidodendren dar.

Nächst diesen beiden merkwürdigen Gattungen waren für die Kohlenbildung wichtig die mit unseren heutigen Schachtelhalmen verwandten, unter dem Namen Calamiten bekannten Formen (Fig. 41). Auch sie bildeten mächtige, nach unten kegelförmig auslaufende Stämme (Fig. 42), die ebenso wie die Zweige mit Quergliederungen und zugleich mit Längsfurchen versehen waren. Ihre ährenförmigen Fructificationen

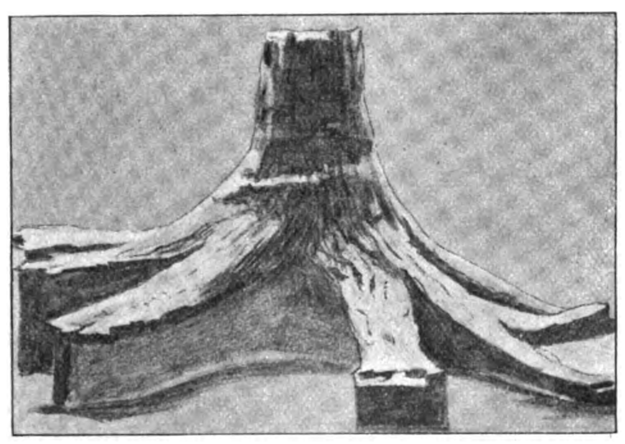


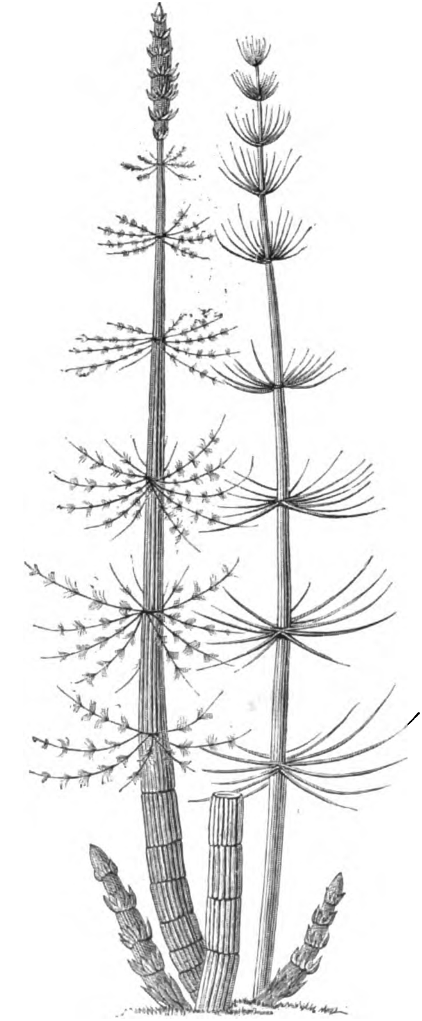
Fig. 40. Sigillarienstamm, in Stigmarien auslaufend (etwa 1/60 n. Gr.). Piesberg bei Osnabrück. Ausgestellt im Lichthof der geologischen Landesanstalt zu Berlin.

sind als *Calamostachys*, *Macrostachya* etc. beschrieben worden. Mit *Calamites* nahe verwandt, aber dadurch verschieden, dass die Längsfurchen an den Articulationen nicht alternirend, sondern correspondirend zusammenstossen, ist *Asterocalamites* mit der bekannten, wichtigen Leitform des Culm, *A. scrobiculatus* (= *Calamites transitionis*) — **22**, 1.

Gleich *Calamites* und *Asterocalamites* gehören zur Familie der Calamarien noch die krautartigen Asterophylliten und Annularien. Beide bilden gegliederte Stämmchen mit langen, wirtelförmig geordneten Blättern (**28**, 5, 6). Dagegen ist die systematische Stellung der durch keilförmige Blätter ausgezeichneten Gattung *Sphenophyllum* (**26**, 4; **28**, 2) noch unsicher.

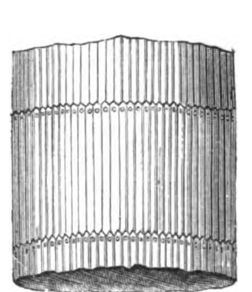
Was die Fauna der Carbonformation betrifft, so wäre zunächst hervorzuheben, dass unter den niedersten Thieren zum ersten Male

Foraminiferen mit ungewöhnlich grossen, in ungeheurer Menge erscheinenden Formen auftreten. Dies gilt besonders von den Gattungen *Fusulina* und *Schwagerina* (**30**, 7, 6), die im Obercarbon eine ähnliche Rolle spielen, wie die Nummuliten im Alttertiär.



Die **Korallen** waren, wie im Devon und Silur, auch im Carbon wesentlich durch Tabulaten und Tetrakorallier vertreten. Von den ersten sind namentlich *Chaetetes* (**30**, 8), *Michelinia* (**25**, 6) und *Syringopora* als wichtige Gattungen zu nennen, von den letzten *Amplexus*, *Zaphrentis* (**25**, 5), *Lithostrotion* (**25**, 7).

Die **Echinodermen** waren, wie in allen älteren Formationen, besonders durch **Crinoiden** vertreten, die im Carbon wohl den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreichten. Namentlich in Nordamerika finden sie sich in ganz ausserordentlicher Mannigfaltigkeit und Schönheit. Vorzugsweise verbreitet sind *Actinocrinus* (**25**, 2), *Platycrinus* (**25**, 3) und *Rhodocrinus*. Ausser diesen



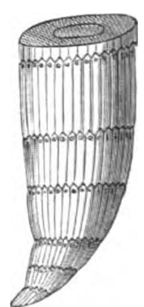


Fig. 41. *Calamites sp.* restauriert (nach Schenk), stark verkleinert.

Fig. 42. Stammstück und unteres Stammende.

ächten Crinoiden sind als wichtige Charakterformen des Carbon noch die blumenknospen-ähnlichen **Blastoiden** mit den Gattungen *Pentremites* (**25**, 1), *Granatocrinus* u. a. zu nennen. Die **Echiniden** dagegen waren auch in der Carbonzeit noch selten. Es gehören hierher *Palechinus* (**25**, 4), die in Nordamerika nicht seltene grosse Gattung *Melonites*, sowie die besonders im Obercarbon verbreitete *Archaeocidaris*.

Alle diese Formen gehören zu den Palechiniden, die sich von der grossen Masse der jüngeren fossilen und lebenden Echiniden durch ihre aus mehr als 20 Plättchenreihen zusammengesetzten Gehäuse unterscheiden.

Unter den Mollusken sind die Brachiopoden noch zahlreich vertreten, wenn auch im Vergleich mit dem Devon schon eine Abnahme, namentlich in der Mannigfaltigkeit der Gattungen erkennbar ist. Manche wichtige ältere paläozoische Geschlechter, wie besonders *Atrypa* und *Pentamerus*, sind im Carbon nicht mehr vorhanden. Weitaus die wichtigste Brachiopodengattung ist *Productus*. Zuerst mit einigen kleinen Arten im Mitteldevon auftretend, entwickelt sie sich in der Carbonzeit zu ausserordentlicher Artenfülle und zu bedeutender Grösse. *Pr. semireticulatus* ist eine fast über die ganze Welt verbreitete Art, *Pr. giganteus* (**24**, 2) das grösste aller bekannten Brachiopoden. Nächst *Productus* sind auch *Chonetes*, *Spirifer*, *Rhynchonella*, *Orthis*, *Athyris* und *Terebratula* mit zahlreichen Arten vertreten. Die letztgenannte Gattung tritt hier zum ersten Male mit grossen typischen Arten, wie *T. hastata* (**24**, 8) auf. Im Obercarbon treten zu den genannten Gattungen als neue sehr charakteristische Typen hinzu *Marginifera* (**31**, 2), *Enteles* (**30**, 4), *Meekella* (**30**, 5), *Aulosteges* (**35**, 9), *Oldhamia* u. a. m.

Unter den Conchiferen oder Lamellibranchiaten sind namentlich *Aviculopecten* (**29**, 4), *Posidonia* (dazu die wichtige Leitform des Culm *P. Becheri* [**22**, 8]), *Conocardium* (**24**, 9), *Cypricardinia*, *Anthracosia* (**29**, 5), *Cardiomorpha*, *Edmondia* u. a. sehr wichtig; unter den Gastropoden *Pleurotomaria*, *Loxonema*, *Macrochilus*, *Acroculia* oder *Pileopsis* (**24**, 10), *Bellerophon* (**24**, 11), *Chiton* (**23**, 5) und vor allen *Euomphalus* (**23**, 6). Als eine bemerkenswerthe Erscheinung sind endlich noch die ersten lungenathmenden Schnecken (*Pupa*, *Zonites*) zu nennen, die sich besonders im productiven Kohlengebirge Ostcanadas gefunden haben.

Von Cephalopoden sind am verbreitetsten *Orthoceras*, *Cyrtoceras*, *Nautilus* und Goniatiten; die beiden erstgenannten Gattungen treten indess nicht mehr so zahlreich auf als in den älteren Formationen. Die carbonischen Nautilen sind meist durch stark vortretende Spiralrippen und -Kanten sowie durch Knoten und Höcker ausgezeichnet, zudem ist ihr Gehäuse oftmals in der Mitte nicht geschlossen, was mit einer geringeren Krümmung des ersten Umganges zusammenhängt (**23**, 4). Bei den Goniatiten hat die Complication im Bau der Kammerwand im Vergleich mit dem Devon weitere Fortschritte gemacht. Nur wenige Gattungen, wie *Prolecanites*, sind mit dem Oberdevon gemeinsam. Einige, wie *Glyphioceras* (**22**, 7; **23**, 3), *Brancoceras* (**23**, 1), *Pericyclus*, erinnern in ihrer Sutur noch an devonische Formen; andere dagegen wie, *Pro-*

norites (**23**, 2) mit zahlreichen, zum Theil zweispitzigen Loben, erinnern bereits an die Ceratiten. Diesen selbst gehört vielleicht der jüngst durch PERRIN SMITH aus dem unteren Kohlenkalk Nordamerikas als *Prodromites* beschriebene Ammonitide an.

Der grossen Entwickelung der Landpflanzen in der Carbonzeit entsprechend, treten jetzt auch Insecten, Spinnen und Tausendfüsser (**29**, 7—9) in grösserer Zahl und Mannigfaltigkeit auf. Unter den Crustaceen sind die bereits im Devon sehr zurücktretenden Trilobiten im Wesentlichen auf zwei Gattungen, *Phillipsia* (**25**, 9) und *Griffithides*, die allerdings dem Carbon eigenthümlich sind, zusammengeschmolzen. Die im Devon so wichtige Gattung *Phacops* erlischt in den tiefsten Carbonschichten. Neben den Trilobiten treten noch verschiedene andere Kruster, wie Ostracoden, Phyllopoden, Limuliden (*Prestwichia, Belinurus* [**29**,6]), Isopoden und sogar Decapoden (*Anthrapalaemon, Crangopsis*) auf.

Von Wirbelthieren endlich kennt man bis jetzt im Carbon bloss Fische und einige Amphibien.

Unter den Fischen besassen eine ganz ausserordentliche Entwickelung die Selachier. Allerdings kennt man von ihnen meist nur Zähne und Flossenstacheln (Ichthyodorulithen). Von den devonischen Selachiern setzen sich nur wenige Familien, wie die Acanthodier (Hauptgattung *Acanthodes*) und Cestracioniden (*Orodus* u. a.) ins Carbon fort, während viele andere, wie die Pleuracanthiden (*Pleuracanthus* = *Xenacanthus*), Cochliodontiden, Petalodontiden und Psammodontiden, neu hinzukommen. Neben den Selachiern spielen heterocerke Ganoiden — und zwar die beiden Familien der Paläonisciden (mit *Acrolepis*) und Platysomiden — die Hauptrolle, während die Crossopterygier (dazu *Rhizodus*) und die Ctenodipterinen (*Ctenodus*) sich schon im Rückgange befinden.

Die sich gewöhnlich nur vereinzelt findenden Amphibien gehören, wie *Branchiosaurus*, *Keraterpeton*, *Dendrerpeton* der erst im Perm und in der Trias zu voller Entwickelung gelangenden Abtheilung der Stegocephalen an.

E. Permische Formation.

Allgemeines und Geschichtliches.

Die Permformation bildet die jüngste unter den paläozoischen Formationen und hat dementsprechend ihre stratigraphische Stellung über der Steinkohlenformation und unter der Trias.

Am längsten sind hierher gehörige Ablagerungen im mittleren Deutschland bekannt, und zwar besonders im Mansfeldschen, wo seit

Jahrhunderten ein wichtiger Bergbau auf den permischen Kupferschiefer betrieben wird und wo auch die ebenfalls bereits Jahrhunderte alten Namen „Rothliegendes" und „Zechstein" für die beiden Hauptabtheilungen unserer Permbildungen entstanden sind.

Der jetzt allgemein üblich gewordene Name Perm-System ist erst im Jahre 1841 durch MURCHISON für eine mächtige Folge rother sandig-mergeliger Gesteine vorgeschlagen worden, die im alten Königreiche Permia (von dem das russische Gouvernement Perm einen Theil bildet) eine sehr beträchtliche Verbreitung besitzen. GEINITZ, der sich in Deutschland seit den 40er Jahren d. v. J. eifrig mit dem Studium der Ablagerungen dieses Alters beschäftigt hat[1]), ist später bemüht gewesen, statt des Ausdrucks Perm die von J. MARCOU vorgeschlagene, auf die scharf ausgeprägte Zweitheilung der Formation in Deutschland anspielende Bezeichnung Dyas einzubürgern. Wenn gleich diese Bezeichnung den älteren MURCHISON'schen Namen, der auch auf den internationalen Geologencongressen angenommen worden ist, nicht hat verdrängen können, so wird sie doch in Deutschland noch jetzt vielfach neben der Bezeichnung Perm gebraucht.

In Deutschland trennen sich die permischen Ablagerungen überall sehr deutlich in eine untere conglomeratisch-sandige Abtheilung, das Rothliegende, und eine obere kalkig-thonige, die Zechsteinbildungen. Der Name Rothliegendes ist aus dem alten Ausdruck „rothes, todtes Liegendes" entstanden, mit dem die alten Mansfelder Bergleute die rothen erzfreien (todten) Sandsteine bezeichneten, welche die Unterlage (das Liegende) des Kupferschieferflötzes bilden. Der Name Zechstein dagegen wird in Zusammenhang gebracht mit den Zechenhäuschen der zahlreichen kleinen Schächte, die zur Gewinnung des Kupferschiefers dienend, gewöhnlich auf dem Zechsteinkalk angesetzt wurden, oder aber mit der zähen (d. h. festen) Beschaffenheit dieses Kalks.

Beide Abtheilungen verhalten sich in Mitteldeutschland völlig unabhängig von einander: nicht selten treten zwar beide neben einander auf; oft aber fehlt die eine oder die andere. Dies sich auch in England wiederholende Verhalten erklärt sich daraus, dass in den genannten Gebieten der Zechstein überall übergreifend abgelagert wurde und daher eine grössere Verbreitung besitzt als das Rothliegende.

In Süddeutschland dagegen, ebenso wie in Böhmen und Frankreich, fehlt der Zechstein so gut wie ganz, und auch im Alpengebiet und in

[1]) GEINITZ u. GUTBIER, Die Verstein. d. Zechsteingebirges und des Rothliegenden in Sachsen, 1848—1849. — GEINITZ, Dyas. 1861—1862. Mit Nachträgen, 1880 und 1882.

ganz Südeuropa ist das Rothliegende sehr viel verbreiteter als die Aequivalente des Zechsteins.

Im grössten Theile Russlands endlich und in Nordamerika lässt sich keine der centraleuropäischen vergleichbare Zweitheilung der Formation erkennen; es ist dort vielmehr nur eine einzige mehr oder weniger einheitliche Schichtenfolge vorhanden.

In den beiden zuletztgenannten Gebieten ist die Permformation so innig sowohl mit dem unterliegenden Kohlengebirge als auch mit den überliegenden Triasbildungen verbunden, dass ihre Abgrenzung nach unten wie nach oben mit den grössten Schwierigkeiten verknüpft und bis zu einem gewissen Grade willkürlich ist. Auch in Deutschland ist in einigen Gegenden (Saargebiet, Thüringen, Sachsen, Böhmen) das Rothliegende in ähnlich enger Weise mit dem Steinkohlengebirge verknüpft, und ganz allgemein gehen bei uns die Zechsteinbildungen ganz unmerklich in den Buntsandstein über.

Die Fauna und Flora des Perm ist in ganz Centraleuropa sehr ärmlich.

Im Rothliegenden sind thierische Ueberreste wesentlich auf dessen mittleres Niveau beschränkt. Sie bestehen aus einigen Fischen, Amphibien, Krustern, Insecten und Muscheln, neben welchen zwar Landpflanzen, aber keinerlei unzweifelhafte Meeresconchylien vorhanden sind. Man muss daher annehmen, dass die mächtigen Conglomerate und Sandsteine in ausgedehnten Binnenseen und Sümpfen entstanden sind. Ihre lebhaft rothe Färbung weist zugleich darauf hin, dass sie Bildungen eines trocknen, wüstenartigen Klimas darstellen, woraus sich sowohl die Armuth der Fauna des Rothliegenden erklären würde als auch die der Flora, die nur als eine dürftige, im Rückgange befindliche Carbonflora bezeichnet werden kann.

Im Zechstein finden wir zwar eine etwas reichere und unzweifelhaft marine Fauna, aber auch sie setzt sich nur aus Brachiopoden, Conchiferen, Gastropoden und Bryozoen zusammen, während Cephalopoden und Korallen fast ganz fehlen. Dabei fällt, wie beim Muschelkalk, das massenhafte Auftreten einiger weniger Muscheln und Brachiopoden auf, die die übrigen Arten meist fast ganz verdrängen. Man muss annehmen, dass diese Dürftigkeit der Zechsteinfauna mit einer besonderen Ungunst der Lebensbedingungen zusammenhing, dass die Zechsteinschichten Absätze eines Binnenmeeres darstellen, das nur eine beschränkte Verbindung mit dem Weltmeere besass. Denn für die Fauna solcher Meere sind Eintönigkeit und Artenarmuth gegenüber dem Artenreichthum des offenen Meeres bezeichnende Merkmale. Als dieses flache Meer sich gegen Ende der Zechsteinperiode zurückzog, liess es allenthalben ausgedehnte Lagunen und Binnenseen zurück, in denen, wie in natürlichen Salz-

pfannen, jene ungeheuren Gyps- und Salzablagerungen entstanden, die für unseren Zechstein so bezeichnend sind. Dass die Bildung von Salzmassen von solcher Mächtigkeit und Ausdehnung ein besonders trocknes Klima voraussetzt, liegt auf der Hand.

Von dieser binnenländischen Facies unserer Permbildungen weicht sehr wesentlich ab die pelagische Entwickelung der Permformation in anderen Gebieten. Schon im Südosten des europäischen Russlands finden wir eine im Vergleich mit unserem Zechstein erheblich artenreichere, namentlich auch viele Cephalopoden einschliessende alt-permische Marinfauna; und in Armenien, im indischen Salzgebirge, im Himalaya und im südöstlichen Asien, ebenso wie in den Ostalpen und auf Sicilien treffen wir in verschiedenen Horizonten des Perm Faunen an, die an Mannigfaltigkeit und an Artenfülle mit den reichsten Marinfaunen des Carbon wetteifern können. In die genannten Gegenden Südasiens und Südeuropas, mit anderen Worten in das Gebiet der Thetys oder des grossen Mittelmeeres der paläozoischen Zeit muss man sich daher begeben, wenn man die normale Meeresfauna der Permformation kennen lernen will.

Ausser den beiden erwähnten ist aber noch eine dritte, sehr eigenthümliche Entwickelungsform des Perm vorhanden, nämlich die im Wesentlichen auf die Länder der südlichen Hemisphäre beschränkte Glacialfacies der Formation. Sowohl in Australien wie in Südafrika und in Südamerika, ausserdem aber auch in Ostindien treten, zum Theil in Verbindung mit pelagischen Ablagerungen, mächtige und weitverbreitete Blocklehme permischen Alters auf, die nach ihrer ganzen Beschaffenheit, ihrer Schichtungslosigkeit, dem wilden Durcheinander ihrer eckigen, vielfach polirten und gekritzten Geschieben, sowie der Schrammung ihrer Auflagerungsfläche jetzt allgemein als Grundmoräne einer permischen Inlandeisdecke gedeutet werden.

Wir stehen damit einem der merkwürdigsten und wichtigsten geologischen Ereignisse gegenüber, die die Forschungen der letzten Jahrzehnte uns kennen gelehrt haben. Während in der ersten Auflage dieses Lehrbuches die jungpaläozoische oder permische Eiszeit als noch nicht völlig gesichert behandelt werden musste, so erlauben die seitdem veröffentlichten Untersuchungen nicht länger an deren Thatsächlichkeit zu zweifeln. Das übereinstimmende Auftreten von Ablagerungen mit allen Merkmalen glacialer Entstehung an der oberen Grenze des Paläozoicums auf allen drei Continenten der Südhalbkugel beweist, dass es sich um eine Vereisung handelt, die in Bezug auf Verbreitung in keiner Weise hinter der diluvialen zurückstand. Im Unterschiede von dieser scheint indess die permische Eiszeit, abgesehen von Ostindien, auf die südliche Hemisphäre beschränkt geblieben zu sein. Denn die

vereinzelten Angaben englischer Geologen über Glacialspuren im Perm ihres Landes gelten mindestens als zweifelhaft. Mit der Annahme, dass die permische Eiszeit nur die Südhalbkugel der Erde betroffen hat, würde es gut übereinstimmen, dass, wie oben erwähnt, die Merkmale unserer permischen Schichten auf ein sehr trockenes, damals in unserem Gebiete herrschendes Klima hinweisen.

Sehr bemerkenswerth ist, dass im Gefolge dieser grossen Vereisung überall eine eigenthümliche neue Flora auftritt, die man nach einer besonders leitenden Form *Glossopteris*-Flora nennt. Diese offenbar unter dem Einfluss eines kühleren Klimas entstandene Flora hat im Süden die ältere Carbonflora sehr bald verdrängt[1]) und hat sich dann — wie es scheint, vom heutigen Ostindien aus — auch über die nördliche Halbkugel verbreitet. Denn bereits gegen Ende der Permzeit war *Glossopteris* bis nach Sibirien (?) und Nordrussland gelangt, wo man sie neuerdings (im Gouvernement Wologda) zusammen mit gewöhnlichen europäischen Permpflanzen *(Callipteris)* gefunden hat; und in der nachfolgenden mesozoischen Periode haben, während *Glossopteris* selbst im Wesentlichen auf Indien und Südafrika beschränkt blieb, andere wichtige Typen der *Glossopteris*-Flora, wie *Schizoneura, Taeniopteris, Thinnfeldia, Voltzia* u. a., auf der nördlichen Hemisphäre allgemeine Verbreitung gewonnen.

Wie die zweite Hälfte der Carbonperiode, so ist auch die Permzeit für das ganze westliche Europa eine Zeit heftiger und weit ausgedehnter Bodenbewegungen gewesen, mit denen auch hier wieder grossartige Eruptionen Hand in Hand gingen. Dies gilt namentlich für die Epoche des Rothliegenden, in welcher in ganz Deutschland, Frankreich und England gewaltige Massen von Quarzporphyr, Porphyrit, Melaphyr und ähnlichen Eruptivgesteinen an die Oberfläche gelangten. Auch die riesige Quarzporphyrdecke von Bozen-Meran, sowie die kleineren Vorkommen porphyrischer Gesteine bei Lugano gehören dem Rothliegenden an. Sie spielen in Form von Decken, Lagern, Stöcken und Gängen stellenweise eine solche Rolle, dass die normalen Sedimente dagegen ganz zurücktreten. Wie in anderen Formationen, so werden diese Massengesteine auch hier vielfach von tuffartigen Gebilden (Thonsteinen, Breccien u. s. w.) begleitet. Erst mit Beginn der Zechsteinzeit liessen die Oscillationen und Eruptionen nach, so dass wieder ein ruhigerer und gleichmässigerer Schichtenabsatz eintrat.

Die Vertheilung von Wasser und Land in der Permzeit

[1]) In Argentinien findet sich *Glossopteris* noch zusammen mit *Lepidodendron* in Südafrika mit der (in Europa für das obere Obercarbon und Perm charakteristischen) *Sigillaria Brardi* (Qu. Journ. Geol. Soc. London 1897, Augustheft).



ergiebt sich zum Theil schon aus den vorstehenden Mittheilungen. Es ist einleuchtend, dass ebensowohl die limnische Facies unseres Rothliegenden wie die Glacialbildungen der Südhemisphäre grosse Festländer voraussetzen. Dass der Südcontinent eine ungeheure, von Südamerika über Afrika nach Australien reichende Ausdehnung hatte, folgt aus der Verbreitung der permischen Glacialschichten und der Glossopterisflora. Aber auch der Nordcontinent muss eine sehr bedeutende Grösse gehabt haben, da limnische Permbildungen nicht nur in Europa, sondern auch in Nordamerika und Nordasien verbreitet sind. Zwischen jenen beiden grossen Festländern lag das schon wiederholt genannte grosse Mittelmeer, die Thetys. Ihm entstammen die pelagischen Permablagerungen Südeuropas und Südasiens, während die von Texas und Australien Absätze des pacifischen Oceans darstellen. Das marine Perm im Osten des europäischen Russlands hat sich in einem nördlichen Ausläufer der Thetys abgelagert, während unser Zechstein wohl in einer von der Thetys getrennten Meeresbucht entstanden ist, die — wie das Vorkommen von Zechsteinversteinerungen auf Spitzbergen andeutet — mit dem Polarmeere zusammengehangen haben mag. Dass der riesige Südcontinent wenigstens zeitweise auf die Nordhalbkugel hinübergereicht hat, geht aus dem Auftreten von *Glossopteris* nicht nur in Indien, sondern auch in Sibirien und Nordrussland hervor.

Die grosse Aehnlichkeit, welche die permische Marinfauna mit der des Kohlenkalks zeigt — eine Aehnlichkeit, die nicht nur für den deutschen Zechstein, sondern auch für die reichen asiatischen und amerikanischen Permkalke Gültigkeit hat —, hat manche Geologen bestimmt, das Perm als ein blosses Anhängsel, als eine jüngste Phase der Carbonformation zu betrachten. Dies ist nicht nur in Frankreich üblich geworden, sondern auch Gümbel unterscheidet in seinen Grundzügen der Geologie 1. Subcarbon, 2. eigentliches Carbon und 3. Postcarbon oder Perm. Auf der anderen Seite hat man umgekehrt versucht, das Perm mit der Trias zu verbinden. So haben schon Conybeare und John Phillips in den ersten Jahrzehnten d. v. Jahrhunderts die englischen Permbildungen mit den darüber liegenden rothen Triassandsteinen zu einer jüngeren Sandsteinformation, dem New red sandstone oder Poikilitik (von ποίκιλος, bunt, wegen der lebhaften Farben der betreffenden Ablagerungen) zusammengefasst, und in neuerer Zeit ist man in England mehrfach (so in Woodward's Geology of England and Wales, 2. edit. 1887) auf diese Classification zurückgekommen, die ihre Verfechter auch auf den internationalen Geologencongressen gehabt hat.

Wir können weder das eine noch das andere Vorgehen für berechtigt halten. Gegen die Vereinigung des Perm mit der Trias spricht

schon der ausgesprochen paläozoische Charakter aller bis jetzt bekannt gewordenen permischen Faunen. Für ebenso ungerechtfertigt halten wir aber auch seine Einverleibung ins Carbon, zu Gunsten deren sowohl die innige, vielfach zu beobachtende Verknüpfung des Rothliegenden mit dem productiven Kohlengebirge als auch die des unteren marinen Perm mit dem marinen Obercarbon geltend gemacht werden könnte. Schon die reiche Entwickelung von Cephalopoden mit ammonitischer Lobenlinie, sowie das gleichzeitige Erscheinen der ersten ächten Reptilien in Südafrika, Ostindien, Russland und Nordamerika reichen u. E. aus, um dem Perm eine selbständige Stellung gegenüber dem Carbon zu verleihen. Dazu kommt nun noch die permische Eiszeit. In ihrem Gefolge ist, wie wir sahen, eine ganz neue Flora erschienen; und wenn auch diejenigen Geologen, die gemeint haben, dass diese älteste, bis jetzt mit Sicherheit nachgewiesene Vereisung eines grossen Theils unserer Erde den Hauptanstoss zum Untergange der paläozoischen Thierwelt gegeben hat, keine unbedingte Zustimmung gefunden haben, so möchten wir doch glauben, dass schon die blosse Thatsache eines solchen wichtigen und folgenschweren Ereignisses genügen müsste, um dem betreffenden Zeitabschnitte der Erdgeschichte die Bedeutung einer besonderen stratigraphischen Periode zu sichern.

Verbreitung und Ausbildung der Permformation.

Die deutschen Permbildungen.

Bei der scharfen Sonderung in Rothliegendes und Zechstein, die für unser deutsches Perm bezeichnend ist, erscheint es geboten, beide Schichtenfolgen getrennt zu besprechen.

1. Das Rothliegende.

Das Rothliegende stellt eine durchschnittlich 500 m starke, stellenweise aber auch viel mächtigere, hauptsächlich aus Conglomeraten, Sandsteinen und Schieferletten zusammengesetzte, sehr kalkarme bis kalkfreie Gesteinsfolge dar. Sehr auffällig und charakteristisch ist die von Eisenoxyd herrührende lebhafte Rothfärbung sämmtlicher Gesteine. Im unteren Theile der Schichtenreihe kommen nicht selten noch schwache Kohlenflötze vor — ein Umstand, der zusammen mit der grossen Aehnlichkeit, welche die Flora dieser Schichten mit der des obersten Obercarbon zeigt, den von E. Weiss u. A. für sie gebrauchten Namen „Kohlenrothliegendes“ ganz passend erscheinen lässt.

Die Gliederung des deutschen Rothliegenden darf im Wesentlichen als ein Ergebniss der Arbeiten angesehen werden, die seit Mitte der 60er Jahre behufs Herstellung der geologischen Specialkarte von Preussen ausgeführt werden. Während es bis dahin noch völlig an Anhaltspunkten für die Vergleichung des Rothliegenden verschiedener Gegenden gefehlt hatte, so gelang es durch die genannten Untersuchungen, unter denen namentlich die von E. Weiss im Saar-Nahegebiet ausgeführten[1]) wichtig geworden sind, derartige Anhaltspunkte zu finden. Von besonderer Bedeutung war die Erkenntniss, dass die Fische und Amphibien der „Lebacher“ Schichten des Saargebietes sich in Begleitung der nämlichen Pflanzen auch in Niederschlesien und Böhmen wiederfinden. Da dies die einzige, eine gewisse paläontologische Selbständigkeit besitzende Fauna und Flora unseres Rothliegenden ist, so lag es nahe sie zum Centralgliede der ganzen Schichtenfolge, die liegenden und hangenden Schichten aber zum Unter- bezw. Oberrothliegenden zu machen. Das Mittelrothliegende ist zudem, wie E. Beyrich bei seinen eingehenden Untersuchungen zum Zweck der Aufnahme des Südharzer Rothliegenden erkannte, dadurch ausgezeichnet, dass in seine Ablagerungszeit die Hauptergüsse der mächtigen, in ganz Deutschland, von der Saar und Nahe bis nach Oberschlesien, im Rothliegenden auftretenden krystallinen Massengesteine fallen. Dementsprechend sind die tiefsten Schichten des Rothliegenden, Beyrich's Unterrothliegendes, in der Regel noch frei von Trümmern von Eruptivgesteinen, während umgekehrt die Conglomerate des Oberrothliegenden sich zum grossen Theil aus Bruchstücken von Porphyr, Melaphyr etc. zusammensetzen.

Die auf diese Weise sich ergebende Dreitheilung des deutschen Rothliegenden — in eine untere, anteeruptive, kohlenführende Abtheilung, eine mittlere Abtheilung mit der Lebacher Flora und Fauna und der Hauptmasse der Porphyre, Porphyrite u. s. w. und eine obere, posteruptive Abtheilung mit Conglomeraten von Porphyr etc. — ist indess in neuerer Zeit von der geologischen Landesanstalt zu Gunsten einer Zweitheilung aufgegeben worden, die das Oberrothliegende in seinem alten Umfange bestehen lässt, während sie das frühere Unter- und Mittelrothliegende als Unterrothliegendes zusammenfasst. Der Grund für diese Aenderung liegt darin, dass die Scheidung von Cuseler und Lebacher Schichten da, wo den letzten die bezeichnenden Fossilien fehlen, auf erhebliche Schwierigkeiten stösst; und da auf alle Fälle die Beziehungen von Cuseler und Lebacher Schichten zu einander weit innigere sind als die der Lebacher Schichten zum Oberrothliegenden —

---

[1]) Verhandl. naturhistor. Ver. Rheinl.-Westf. 1868, S. 63. — Fossile Flora d. jüngst. Steinkohlenform. u. d. Rothliegend. im Saar-Rhein-Gebiet, 1869—1872.

welches sich den tieferen Stufen gegenüber auch durch seine transgredirende Lagerung als selbständig erweist —, so erscheint die neue Zweitheilung des Rothliegenden in der That zweckmässig.

In Betreff der allgemeinen Art der Lagerung des Rothliegenden ist hervorzuheben, dass es theils, wie im Saar-Nahegebiet, in innigem Anschluss an das productive Kohlengebirge, theils von diesem ganz unabhängig auftritt. In dieser letzten Weise findet es sich namentlich am Aussenrande einiger älterer Gebirgskerne, wie des rheinischen Schiefergebirges, des Thüringer- und Frankenwaldes, Harzes, Erz- und Riesengebirges, Böhmerwaldes u. s. w. Fast überall aber ist die Neigung der Schichten mehr oder weniger flach, so dass sie bei beschränkten Aufschlüssen wagerecht zu liegen scheinen. Nur örtlich, namentlich in der Nachbarschaft grösserer Verwerfungen, findet man (Fig. 43) eine steilere Schichtenstellung.

Mitteldeutschland. Weitaus das wichtigste Verbreitungsgebiet des Rothliegenden in Deutschland liegt in der Saar-Nahegegend, im

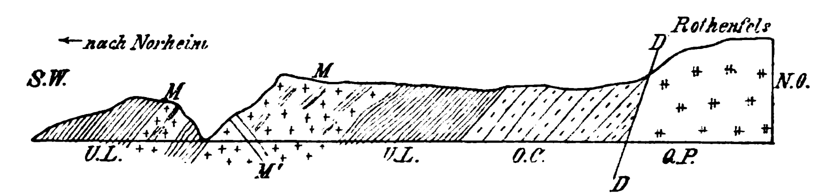


Fig. 43. Profil durch das Rothliegende und seine Eruptivgesteine am linken Naheufer oberhalb Münster a. Stein. Nach H. Laspeyres.

QP Quarzporphyr. *OC* Obere Cuseler Schichten. *UL* Untere Lebacher Schichten. *M* Melaphyrlager mit Schiefereinlagerungen. *M'* Melaphyrgang. *DD* Verwerfung.

Süden des Hunsrück. Die rothliegenden Schichten nehmen hier den ganzen Raum zwischen dem devonischen Schiefergebirge im Norden und der Pfälzer Trias im Süden ein und setzen sich auch jenseits des Rheins, am Südrande des Taunus, in der Wetterau und im Odenwald noch ein Stück weit fort. Die tiefsten Glieder der durch die Untersuchungen von Weiss, Laspeyres und Grebe sehr genau bekannt gewordenen Schichtenfolge liegen völlig gleichförmig und ohne scharfe Grenze über den Ottweiler Schichten des Steinkohlengebirges, welches sich von der Saar aus in Form eines grösseren, nordöstlich streichenden Sattels aus dem Rothliegenden heraushebt. Weiss hat für dies letzte drei Stufen unterschieden, nämlich die Cuseler Schichten, die Lebacher Schichten und das Oberrothliegende. Unser Profil Fig. 32 (S. 191) zeigt deutlich die muldenförmige Anordnung dieser Schichten und ihr

Uebergreifen über das unterliegende Kohlengebirge auf das Gebiet der devonischen Gesteine. Zechstein fehlt hier gänzlich; vielmehr folgt über dem Rothliegenden sogleich mit hie und da erkennbarer ungleichförmiger Auflagerung der bunte Sandstein. Die Profile Fig. 32 und 43 deuten auch die zahlreichen, den beiden unteren Stufen, namentlich den Lebacher Schichten eingeschalteten, zum Theil sehr mächtigen und ausgedehnten Decken und Lager von porphyrischen Eruptivgesteinen (besonders Melaphyr) an, die für das Nahegebiet so charakteristisch sind.

Das Rothliegende des Saar-Nahegebietes wird jetzt in folgender Weise gegliedert [1]):

Oberrothliegendes.	Kreuznacher Schichten	Oben feinkörnige rothe Sandsteine; unten rothe Schieferletten (Röthelschiefer) = Monzinger Sch. Gümbel's.
	Waderner Schichten	Porphyr- und Melaphyrconglomerate.
Unterrothliegendes.	Söterner Schichten	Porphyrbreccien und -tuffe (Thonsteine), Sandsteine und Schiefer mit eingelagerten Eruptivdecken.
	Tholeyer Schichten	Feldspathsandsteine und Conglomerate.
	Lebacher Schichten	Schwarze Schiefer mit schwachen Kohlenflötzen und Thoneisensteinnieren (mit *Archegosaurus* [**33**, 1], *Acanthodes* [**32**, 6], *Amblypterus* [**32**, 5], *Xenacanthus, Gampsonyx* [**32**, 4]. *Walchia piniformis* [**32**, 2], *Callipteris conferta* [**32**, 1] etc.) bei Lebach („Lebacher Erze") u. a. O.
	Obere Cuseler Schichten	Sandsteine und Schieferthone mit Kohlenflötzen und massenhaften Anthracosien (**32**, 3).
	Untere Cuseler Schichten	Rothe und graue Sandsteine und Schiefer mit kalkigen Bänken. *Callipteris conferta, Calamites gigas* und andere Permformen hier zuerst erscheinend.
Obercarbon.	Ottweiler Schichten	

Die beiden unteren Stufen, die vor Weiss allgemein noch zum Kohlengebirge gerechnet wurden, sind auf das Nahegebiet, die Gegend

[1]) H. Grebe, Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1888, S. CVI.

von Darmstadt und die Wetterau beschränkt; das Oberrothliegende dagegen ist nicht nur in der Wetterau [1]), bei Aschaffenburg und Darmstadt vertreten, sondern es greift auch nach Nordwesten um den Hunsrück herum und bis tief in die Trierer Bucht hinein, wobei es überall übergreifend und discordant auf den älteren Schichten aufruht. Es scheint, als sei das Unterrothliegende und Carbon schon vor der Ablagerung des Oberrothliegenden zu flachen Sätteln und Mulden zusammengeschoben und zum Theil abgetragen, und dann erst auf dieser Denudationsfläche das Oberrothliegende abgesetzt worden. Dass diese Bodenbewegungen sich noch bis in die Zeit des Oberrothliegenden fortgesetzt haben, ergiebt sich daraus, dass auch dessen höhere Schichten ungleichförmig und übergreifend auf den älteren aufruhen.

Die äusserlich ganz dem Rothliegenden gleichenden und ihm früher in der That zugerechneten rothen Sandsteine und Conglomerate am Ostrande des rheinischen Schiefergebirges bei Frankenberg und Marburg stellen, wie weiter unten näher ausgeführt werden soll, eine abweichende Ausbildung des oberen Zechsteins dar. Dasselbe gilt vielleicht auch für die ähnlichen, wohl mit Unrecht bisher dem Buntsandstein zugerechneten rothen Gesteine am Nordrande des Schiefergebirges bei Menden in Westfalen, während das rothe Conglomerat von Malmedy — eine zwischen parallelen Spalten in die devonischen Schichten eingesunkene Gesteinsscholle — entweder dem Rothliegenden oder dem Buntsandstein angehört.

Im Thüringerwalde besitzt das Rothliegende mit zugehörigen Eruptivgesteinen eine grosse Verbreitung. Auch hier ist das Unterrothliegende noch kohlenführend, und auch hier überlagert das Oberrothliegende ungleichförmig die älteren Schichten. Nach den eingehenden Untersuchungen der geologischen Landesanstalt (Beyschlag, Scheibe, v. Fritsch, Potonié) [2]) gliedert es sich folgendermaassen:

Tambacher Sch. = Oberrothliegendes. Porphyrconglomerate, Schieferthone, Sandsteine.

Oberhöfer Sch. = Tholeyer Sch. Mächtige Decken von Quarzporphyr mit zwischenliegenden Sandsteinen, Tuffen und Schiefern. *Branchios. amblystomus* (**33**, 3), *Gampsonyx* (**32**, 4), Pflanzen.

Goldlauterer Sch. = Lebacher Sch. Sandsteine, Schieferthone und Conglomerate. Schw. Kohlenflötze. Lebacher Fauna und Flora.

Manebacher Sch. = Cuseler Sch. Conglomerate, Sandsteine, Schieferthone und Kohlenflötze. *Walchia pinif.* (**32**, 2), *Odontopt. obtusa.*

Gehrener Sch. = unterst. Rothl. Eruptivdecken, Tuffe, Sandsteine, Schieferthone und Kohlenflötze.

[1]) v. Reinach, D. Rothliegende i. d. Wetterau. Abh. d. preuss. geol. Landesanstalt 1892.

[2]) Potonié, Flora d. Rothl. v. Thüringen. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1893. Vergl. auch desselben florist. Glieder. d. deutsch. Carbon u. Perm. Ebendaselbst 1896.



Auch bei Ilefeld unweit Nordhausen, sowie an ein paar Punkten am Nordrande des **Harzes** (Meisdorf, Opperode) treten ähnliche kohlenführende Ablagerungen und darüber mächtige Eruptivdecken, Tuffe, Conglomerate und Sandsteine des Rothliegenden auf, die unmittelbar von Zechstein überlagert werden [1].

Auch die mächtigen rothen Sandsteine und Conglomerate, die im **Mansfeld'schen** und am **Kyffhäuser** als Unterlage der Zechsteinbildungen verbreitet sind, galten bis vor Kurzem allgemein als Rothliegendes und sind als solches auch auf den Karten der preussischen geologischen Landesanstalt aufgefasst worden. Neuere Untersuchungen, die sich wesentlich auf die Ergebnisse von in der Gegend von Halle a. S. (bei Schladebach, Sennewitz u. s. w.) ausgeführten Tiefbohrungen stützen, lassen indess keinen Zweifel, dass nur der alleroberste Theil jener Schichtenfolge (die Porphyrconglomerate und hangenden Schieferthone) dem Rothliegenden und zwar dessen oberer Abtheilung angehört, während der ganze übrige, ungleichförmig unter diesem obersten Theile liegende Rest der Schichtenfolge dem productiven Steinkohlengebirge zufällt. Nach Beyschlag und K. v. Fritsch [2]) gliedert sich die interessante Schichtenreihe wie folgt:

Ober-Rothliegendes, ohne Versteinerungen, alle älteren Gebirgsglieder ungleichförmig bedeckend. 5 bis gegen 10 m mächtig.

Grosse Lücke.

Unter-Rothliegendes:

d) versteinerungsreiche plast. Thone (8 m) von Sennewitz und verthonte Porphyrtuffe (71—78 m).

c) Petersberger Porphyr m. kleinen Krystallausscheidungen. (Seine Mächtigkeit beträgt im Sennewitzer Bohrloch über 60 m, seine oberflächliche Verbreitung etwa 100 qkm.)

b) Schichten mit *Walchia filicif.* u. *piniform.*, mit eingel. Strömen von Porphyrit, vielleicht auch von Quarzporphyr. (Im Sennew. B. 104—105 m.)

a) Landsberger gross kryst. Porphyr. (Im Sennew. B. mit 876 m nicht durchsunken. Seine oberflächl. Verbreitung wird auf 260 qkm, seine Masse auf mindestens 80 ckm — d. h. so viel oder mehr als die des Isländer Skaptar Jökul von 1786 — geschätzt.)

Liegendes: Obercarbon (Ottweiler Sch. [vergl. S. 190]).

Die unmittelbar unter dem Zechstein liegenden Schichten des Rothliegenden sind im Mansfeld'schen oft ausgelaugt, entfärbt und mit aus dem Zechstein stammenden Kupfererzen imprägnirt. Sie werden dann als „Weissliegendes“ bezeichnet.

Eine ziemlich beträchtliche Verbreitung besitzt das Rothliegende

---

[1]) Messtischblätter Nordhausen, Beneckenstein u. s. w. d. geol. Specialkarte v. Preussen etc. 1870. — Vergl. auch Sterzel, Centralbl. f. Min. etc. 1901, S. 426.

[2]) D. jüng. Steinkohlengebirge und Rothliegende in der Prov. Sachsen. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1900.



weiter im Königreiche Sachsen. Es hat hier seine Hauptentwickelung im sogen. erzgebirgischen Becken, bei Chemnitz, Zwickau u. s. w. Auch hier unterscheidet man eine untere, noch kohlenführende und zahlreiche Eruptivlager einschliessende Abtheilung mit *Walchia piniformis* und *filicif.*, *Callipteris*, *Calamites gigas* und anderen Leitformen des Unterrothliegenden und eine obere, hauptsächlich aus Trümmern verschiedener Eruptivgesteine zusammengesetzte Abtheilung. Während die letzte ein unzweifelhaftes Aequivalent des Oberrothliegenden darstellt, entspricht die erste nach den Untersuchungen von Sterzel [1]) den Lebacher Schichten. Eine Vertretung der tieferen Cuseler Schichten fehlt in dieser Gegend, und damit hängt auch die aus dem nachstehenden Profile (Fig. 44) ersichtliche Discordanz zusammen, die hier, abweichend vom Saargebiete, zwischen dem Rothliegenden und dem Carbon vorhanden ist.

Besonderes Interesse verdient unter den sächsischen Vorkommen von Rothliegendem noch dasjenige des Plauen'schen Grundes bei Dresden, nicht nur wegen der verhältnissmässig mächtigen, hier ent-

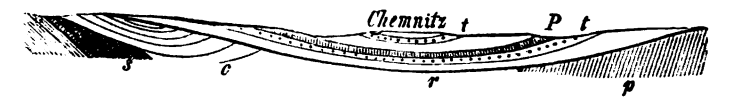


Fig. 44. Profil durch das erzgebirgische Carbon- und Rothliegend-Becken bei Chemnitz. Nach Siegert.
p Erzgebirgischer Phyllit. *s* Silur. *c* Steinkohlengebirge. *r* Rothliegendes. *P* Quarzporphyr. *t* Tuff.

wickelten Steinkohlenflötze, sondern besonders wegen der reichen, bei Niederhässlich aufgefundenen, durch die Arbeiten Herm. Credner's bekannt gewordenen Stegocephalen- und Saurierfauna [2]). An dünne Kalkbänke gebunden, gehört diese Fauna einer über den Kohlen liegenden, schiefrig-sandigen Schichtenfolge vom Alter der Lebacher Schichten an. Die häufigsten Stegocephalen sind *Branchiosaurus amblystomus* Cr., *Pelosaur. laticeps* Cr., *Archegosaur. Decheni*, *Melanerpeton pulcherrimum* A. Fr. Sie werden begleitet von *Walchia pinif.*, *Cal. gigas*, mehreren Arten von *Pecopteris*, Psaronien u. a. m.

In **Schlesien** ist das Rothliegende sowohl am Süd- und Nordabhange des Riesengebirges als auch im Inneren der Waldenburger Carbonmulde entwickelt. Es zeigt sowohl in petrographischer als auch in faunistischer Beziehung eine weitgehende Uebereinstimmung mit den

[1]) Erläut. z. Blatt Stollberg-Lugau der geol. Specialkarte des Königreichs Sachsen, 1881.

[2]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1881—1893.

gleichaltrigen Schichten des Saargebiets. In der Grafschaft Glatz z. B. setzt sich das Rothliegende nach DATHE [1]) folgendermaassen zusammen:

Oberrothliegendes.

Schichten	Äquivalent
Rothe Sandsteine und Schieferthone = Kreuznacher Sch. Rothe Conglomerate und dolomitische Kalksteine	= Waderner Sch.

Discordanz.

Unterrothliegendes.

Schichten	Äquivalent
Rothe Schieferletten, Sandsteine u. Kalke. *Estheria, Palaeoniscus, Callipt. conferta* etc.	= Tholeyer Sch.
Graue Walchien-Schiefer und -Sandsteine und Kalkbänke. *Callipt. conf., Walch. pinif., Pecopteris* etc. Lager von Porphyr, Melaphyr etc., Tuffe, Walchien-Schiefer mit dünn. Kalkbänken	= Lebacher Sch.
Graue und rothbraune Sandsteine und Schiefer mit Kohlenflötzchen, Anthracosien- und Walchien-Schiefer	= obere Cuseler Sch.
Porphyrtuffe; rothe Sandsteine und Conglomerate; Anthracosien-Schiefer (*Walchia imbricata, pinif.* etc., Fischreste, Anthracosien); rothbraune Schieferthone, Sandsteine und Conglomerate (*Walchia imbr.*, Saurierreste).	= unter Cuseler Sch.

Besondere Erwähnung verdienen noch die rothen Plattenkalke des Lebacher Horizontes von Ruppersdorf (Schlesien) und dem benachbarten Braunau (Böhmen) wegen ihrer Fische (*Acanthodes gracilis, Palaeoniscus Vratislaviensis, Xenacanthus Decheni*) und Stegocephalen (*Melanerpeton pulcherrimum, Branchiosaurus*). Die Sandsteine des Oberrothliegenden von Radowitz dagegen sind bekannt durch ungeheure Massen von verkieselten Stämmen, den sogen. versteinerten Wald.

Aus dem Waldenburger Gebiet setzt sich das Rothliegende auch nach **Böhmen** fort, um hier am Rande der Sudeten eine nicht unerhebliche Verbreitung zu gewinnen. Dem Streichen des alten Gebirges folgend, dehnt es sich zuerst in südöstlicher Richtung aus, um weiterhin nach Süden und endlich nach Südsüdwesten umzubiegen und mit einem schmalen, aber an 250 km langen Zuge von Senftenberg durch ganz Mähren hindurch bis in die Gegend von Krems (Niederösterreich) sich zu erstrecken. Ausserdem treten rothliegende Schichten auch bei Budweis, östlich von **Prag**, sowie im nordwestlichen Böhmen (im Norden der grossen Prag-Pilsener Silur-Devon-Mulde) auf [2]).

Ueberall ist die Entwickelung der mitteldeutschen ähnlich. Die untere Abtheilung der Schichtenfolge birgt auch hier oft recht ansehnliche Kohlenflötze und ist meist schwer von dem das Rothliegende viel-

[1]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1900. Verh. S. 77.

[2]) FR. KATZER, Geol. v. Böhmen, 1144.

fach unterlagernden Obercarbon zu trennen. Im Allgemeinen aber hat sich immer mehr ergeben, dass die böhmisch-mährischen Steinkohlenvorkommen nicht sowohl dem Carbon als vielmehr dem Unterrothliegenden angehören. Nachdem dies schon seit längerer Zeit für einen grossen Theil der westböhmischen Kohlenflötze — darunter auch die Nürschaner Gas- oder Plattelkohle — festgestellt worden, hat Fr. Katzer jüngst denselben Nachweis für die des Rossitzer Beckens in Mähren geführt.

Die eben erwähnte Plattelkohle von Nürschan und Třemnošna (Pilsener Becken) hat durch ihre reiche Fauna von Stegocephalen und Fischen und die begleitenden Insecten, Tausendfüsser, Skorpione, Krebse u. s. w. eine grosse Berühmtheit erlangt [1]. Von Stegocephalen wären besonders zu nennen *Branchiosaur. salamandroides, Microbrachis Pelikani, Dolichosoma, Keraterpeton*; von Fischen *Xenacanthus, Acanthodes, Amblypterus* u. a.; von Krebsen *Gampsonyx* und *Estheria*; von den ebenfalls zahlreich vorhandenen Pflanzen *Callipt. conferta* und *Walchia piniformis.*

Die obere Abtheilung des Rothliegenden setzt sich auch in Böhmen hauptsächlich aus rothen Conglomeraten und Sandsteinen zusammen.

Auch am ganzen Westrande des bayerisch-böhmischen Waldgebirges ist das Rothliegende in grosser, zum Theil 1000 m übersteigender Stärke mit Kohlen, mächtigen Eruptivdecken, Conglomeraten u. s. w. vorhanden und bis nach Regensburg hin zu verfolgen.

In **Südwestdeutschland** ist das Rothliegende im Schwarzwald nur spärlich, in den Vogesen dagegen in grösserer Verbreitung entwickelt.

Im Schwarzwald gehören hierher die kohlenführenden Schichten von Oppenau (= Cusel. Sch.), die Porphyre, Tuffe (Lebach. Sch.), sowie die Porphyrconglomerate, Arcosen u. s. w. von Baden-Baden, Offenburg, Schopfheim u. a. O. (Oberrothliegendes).

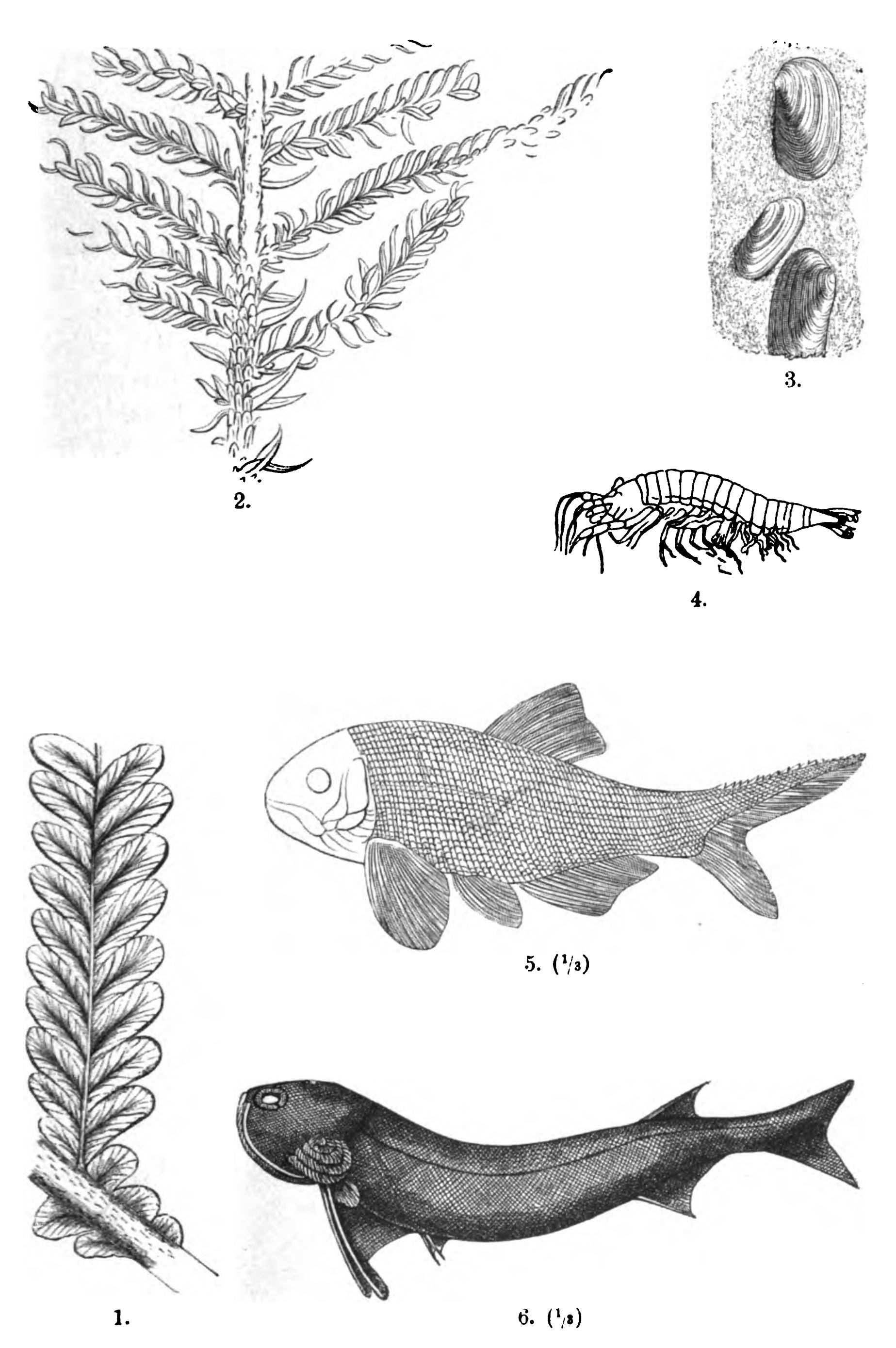
In den Vogesen ist seine Entwickelung am vollständigsten im Weilerthale, wo es, concordant auf dem Obercarbon aufruhend, etwa 300 m mächtig ist. Es besteht zuunterst aus Conglomeraten, Schiefern und Arcosen mit einer reichen (Cuseler) Flora (Trienbacher Schichten). Darüber folgen schwarze Schieferthone mit Kalken und Dolomiten (Heisensteiner Sch.), dann bunte Tuffe, Arcosen und Schieferthone (Meisenbuckeler Sch.), darüber endlich mit weit übergreifender Lagerung Oberrothliegendes in Form von Breccien, Conglomeraten, Kaolinsandsteinen und Schieferthonen (Kohlbächel-Sch.) [2].

---

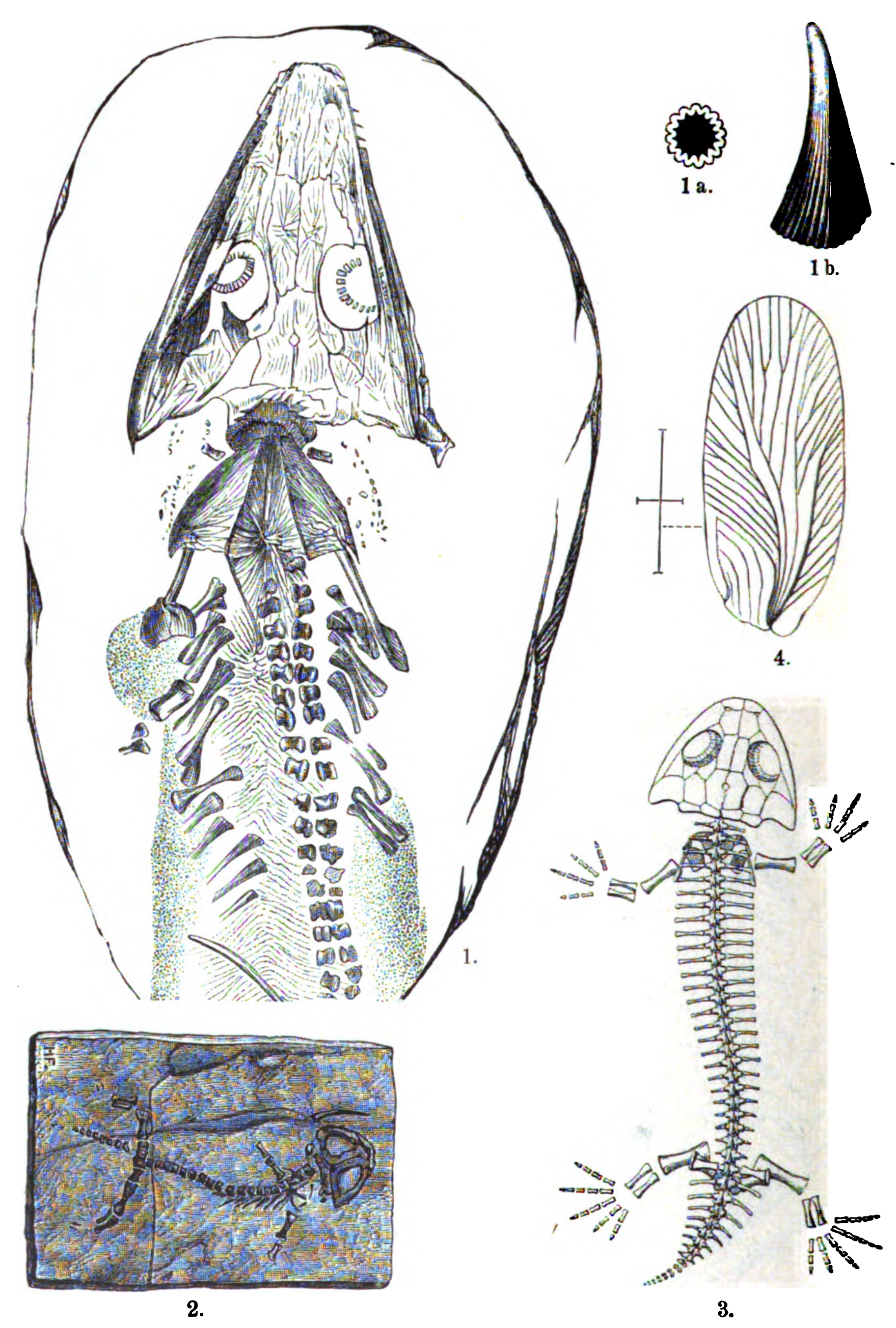
[1] A. Fritsch, Fauna der Gaskohle etc. Prag, von 1879 an.

[2] Benecke u. van Werveke, Ueb. d. Rothliegende d. Vogesen. Mitth. d. geol. Landesanst. v. Els.-Lothr. 1890.





Taf. 32. Versteinerungen des Rothliegenden. 1. *Callipteris conferta* Brngn. 2. *Walchia piniformis* Sternb. 3. *Anthracosia carbonaria* Goldf. 4. *Gampsonyx fimbriatus* Jordan. 5. *Amblypterus macropterus* Bronn. 6. *Acanthodes gracilis* F. Röm.



Taf. 33. Versteinerungen des Rothliegenden. 1. *Archegosaurus Decheni* Goldf., junges Exemplar. 1 a. Zahn im Querschnitt, 1 b. desgl. von der Seite, vergr. 2. *Branchiosaurus amblystomus* Herm. Credn. 3. Derselbe restaurirt, nach Credn. 4. *Blattina anthracophila* Germ. Vergr. Flügel.

2. Zechsteinbildungen.

Von erheblich geringerer Mächtigkeit als das Rothliegende, stellen die Ablagerungen des Zechsteins eine kalkig-thonig-dolomitische, Gyps und Steinsalz führende Schichtenfolge dar, die noch mehr als das Rothliegende auf die Ränder der älteren Gebirgskerne beschränkt ist, welche sie in Form schmaler Säume umgiebt. Solchergestalt tritt der Zechstein am Nordabhange des Riesengebirges, am Fuss des Harzes, des Thüringer- und Frankenwaldes, auf der Ostseite des niederrheinischen Schiefergebirges, am Spessart und Odenwalde auf. Das südlichste Vorkommen liegt im Neckarthale bei Heidelberg. Auf der ganzen linken Rheinseite fehlt der Zechstein. Nur bei Albertsweiler in der bayerischen Pfalz haben sich als Fortsetzung des Heidelberger Vorkommens in einer handhohen grauen Dolomitbank in Schichten, die man früher dem unteren Buntsandstein zugerechnet hatte, noch ein letztes Mal *Schizodus obscurus*, *Mytilus Hausmanni* und einige andere bezeichnende Zechsteinfossilien gefunden.

Diese Angaben geben indess noch lange kein erschöpfendes Bild von der Verbreitung unseres Zechsteins. Gelegentliche Heraushebungen hierher gehöriger Schichten aus den jüngeren Bildungen der norddeutschen Ebene und Aufschlüsse, die man neueren Tiefbohrungen sowie dem Bergbau verdankt, weisen vielmehr auf eine sehr viel weitere Verbreitung im tieferen Untergrunde Norddeutschlands hin.

Der nördlichste Punkt, an dem Zechsteinbildungen zu Tage gehen, liegt auf Helgoland, wo sie in Form von rothen Mergeln die Unterlage des Buntsandsteins bilden. Ganz ähnliche, von Salz und Stinkkalken begleitete rothe Mergel des oberen Zechsteins sind auch bei Stade an der Unterelbe bekannt, während bei Lüneburg, bei Lübtheen (östlich der Elbe, in Mecklenburg) und bei Segeberg in Holstein (westlich Lübeck) Gypse desselben Alters ausgehen. Die westlichsten bis jetzt bekannten Zechsteinvorkommen liegen im äussersten Nordwesten der Rheinprovinz, wo bei Erkelenz zwischen Düsseldorf und Aachen unmittelbar über dem Steinkohlengebirge und unter Buntsandstein und Tertiär obere Zechsteinletten mit Gyps, Steinsalz und Dolomiten in zusammen 150 m Mächtigkeit erbohrt worden sind, während etwas weiter östlich, in der Gegend von Wesel, ebenfalls durch Tiefbohrungen, zwischen Kohlengebirge und Buntsandstein auch unterer Zechstein (Kalk und Dolomit mit *Productus horridus* und Kupferschiefer mit *Palaeoniscus*) nachgewiesen wurde. Weiter nach Osten zu treten bei Sperenberg (37 km südlich Berlin) Zechsteingypse als Begleiter eines riesigen unterirdischen Steinsalzlagers auf, während ein solches bei Inowrazlaw in der Provinz Posen schon

seit längerer Zeit in Abbau ist. Das am weitesten nach Nordosten zu gelegene Vorkommen ist das im Bohrloch von Purmallen bei Memel, wo sich unter mächtigen rothen Mergeln, die vielleicht dem oberen Zechstein angehören, dolomitische Kalke mit *Pleuroph. costatus*, *Gervilleia antiqua* und *Prod. horridus* gefunden haben. Dieselben Kalke gehen übrigens auch bei Prekuln in Kurland noch einmal zu Tage. Wenn man endlich bedenkt, dass auch viele norddeutsche Soolquellen, wie die von Kolberg, Tilsit, Insterburg, ihren Salzgehalt sehr wahrscheinlich dem Zechstein verdanken, so ergiebt sich daraus für diesen eine ausserordentliche, von der holländischen Grenze bis nach Russland hineinreichende Verbreitung im Untergrunde des norddeutschen Flachlandes.

In technischer Beziehung ist der Zechstein einmal durch seine mächtigen und weitverbreiteten Stein- und Kalisalzlager wichtig und zweitens durch seinen namentlich im Kupferschiefer oft recht beträchtlichen Kupfergehalt. Da diese Erzführung schon vor Jahrhunderten einen blühenden Bergbau ins Leben gerufen hat, so ist keine andere deutsche Gesteinsfolge so frühzeitig in allen Einzelheiten bekannt geworden wie der Zechstein. Schon im ersten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts konnte Freiesleben eine durchaus zutreffende Darstellung seines Aufbaues am

Südharz und in Thüringen geben [1]). Auf Grund dieser sowie der später von E. Beyrich u. A. für die geologische Specialkarte der genannten Gegend ausgeführten Untersuchungen [2]) gliedert sich der dortige Zechstein folgendermaassen:

	Bunter Sandstein
Oberer Zechstein.	Obere Letten mit (jüngerem) Gyps und Dolomiteinlagerungen
Mittlerer Zechstein.	Stinkschiefer und sogen. Hauptdolomit (Aelterer) Gyps, Rauchwacke und Asche
Unterer Zechstein.	Zechsteinkalk Kupferschiefer Zechsteinconglomerat

Das tiefste Glied des unteren Zechsteins, das Zechsteinconglomerat Beyrich's, ist ein hellgraues, kalkiges, grandiges

[1]) Geogn. Beitr. z. Kenntn. d. Kupferschiefergebirges, 1807—1815.

[2]) Erläuterungen z. d. Blättern Nordhausen, Frankenhausen u. s. w. der geol. Specialkarte von Preussen etc.

Conglomerat von 1—2 m Mächtigkeit. Es ist in besonders typischer Weise am Südrande des Harzes, zwischen Lauterberg und Sangerhausen entwickelt. Seine Zugehörigkeit zum Zechsteingebirge ergiebt sich daraus, dass es in seiner Verbreitung diesem letzten und nicht dem Rothliegenden folgt. Im Mansfeld'schen entspricht ihm eine ½—2 m mächtig werdende, sandige bis fein conglomeratische Bildung, das Weissliegende im engeren Sinne[1]). Bei Milbitz unweit Gera kommt, als einzigem Punkte in Deutschland, im Zechsteinconglomerat eine eigenthümliche kleine Fauna mit *Productus Leplayi*, *Pecten sericeus* etc. vor.

Der Kupferschiefer ist ein etwas über ½ m mächtiger, schwarzer Mergelschiefer, der sich durch seinen grossen Bitumengehalt, seine Erzführung und den Reichthum an Fischresten auszeichnet. In typischer Ausbildung findet er sich im Gebiete zwischen Harz und Thüringerwald sowie im sogen. Riechelsdorfer Gebirge in Niederhessen, während er anderwärts nicht mehr die charakteristische Beschaffenheit zeigt — so in Schlesien, wo die sieben grauen, ihn ersetzenden Mergelschieferschichten keine sulfidische, sondern oxydische Erze führen — oder auch ganz fehlt. Der Bitumengehalt ist oft so gross, dass angezündete Schieferstücke von selbst weiterglimmen. Die Erzführung wird durch sehr feine, dem blossen Auge kaum sichtbare Körnchen von Kupferkies, Kupferglanz und Buntkupfererz, Schwefelkies, Bleiglanz u. s. w. bewirkt und nimmt gewöhnlich nach oben zu rasch ab. Auch beträgt sie in der Regel nur ein paar, höchstens und nur örtlich bis 10 %. Trotzdem hat dieses merkwürdige Erzvorkommen den weitaus bedeutendsten deutschen Kupferbergbau ins Leben gerufen. Heutzutage besteht dieser allerdings nur noch im Mansfeld'schen, wo in den Jahren 1896—99 18 000—20 000 Tonnen Kupfer, d. h. etwa ⅚ der Gesammterzeugung Deutschlands gewonnen wurden; früher aber ist auch in Riechelsdorf, bei Saalfeld und an anderen Orten mit Erfolg auf Kupferschiefer gebaut worden. Was endlich die Fischreste betrifft, so sind als häufigste und verbreitetste Formen *Palaeoniscus Freieslebeni* und *Platysomus gibbosus* (Fig. 53 u. 54) zu nennen. Ausser ihnen finden sich noch Pflanzen — besonders Zweigenden und Fruchtähren von *Ullmannia Bronni* — und Saurierreste (*Proterosaurus Speneri*). Dass der Erz- und Fischreichthum des Schiefers nicht, wie oft angenommen wird, von an Metallsalzen reichen Quellen abzuleiten ist, die in flache Seebecken mündend, deren Bewohner tödteten, zeigt die Thatsache, dass der unserem Kupferschiefer völlig entsprechende englische Marlslate zwar die nämlichen Fische, aber keine Kupfererze führt[2]).

[1]) Erläut. z. Blatte Mansfeld d. geol. Specialkarte v. Preuss. 1884, S. 27, 37.

[2]) Langjährige Beobachtungen im Mansfeld'schen haben gelehrt, dass der

Der Zechsteinkalk ist ein dichter, grauer, plattiger, durchschnittlich etwa 10 m mächtiger Kalkstein. Er beherbergt die Hauptmasse der thierischen Reste des Zechsteins: *Productus horridus* (**34**, 1), *Spirifer alatus = undulatus* (**34**, 5), *Terebratula elongata* (**34**, 4), *Camarophoria Schlotheimi* (**34**, 6), *Streptorhynchus pelargonatus* (**34**, 3), *Strophalosia Goldfussi* (**34**, 2), *Schizodus obscurus* (**34**, 9), *Gervilleia (Bakewellia) ceratophaga* (**34**, 7), *Avicula speluncaria* (**34**, 8), *Myalina (Liebea) Hausmanni, Fenestella retiformis* (**34**, 10) u. a.

Der mittlere Zechstein besteht zuunterst aus dem älteren Gyps, in Begleitung dessen zuweilen kleine Steinsalzstöcke auftreten, oder aus der sogen. Asche und Rauchwacke. Die beiden letzten sind, wie Beyrich gezeigt hat, nur die Rückstände der Auslaugung gypsführender Dolomite, wie man sie in tieferen Bohrlöchern thatsächlich wiederholt angetroffen hat. Die erste stellt lockere, zerreibliche bis staubförmige, die letzte festere, oft breccienartige Massen dar, die zahlreiche Bruchstücke der bedeckenden Gesteine, namentlich von Stinkschiefer enthalten. Beide haben die Zusammensetzung des Dolomits.

Der sogen. Stinkschiefer ist ein dünnschichtiger, dunkelgraubrauner, sehr bituminöser, beim Zerschlagen einen stinkenden Geruch entwickelnder Kalk. Er ist nur am Ostharz und Kyffhäuser vorhanden, weiter nach Westen zu aber durch den sogen. Hauptdolomit vertreten, ein hellfarbiges, bald dickbankig geschichtetes, bald fast ungeschichtetes, klotziges Gestein, welches bis gegen 50 m mächtig wird und nicht selten (so bei Niedersachswerfen unweit Nordhausen) *Gervilleia ceratophaga, Myalina Hausmanni, Schizodus obscurus, Terebratula sufflata* und andere Versteinerungen einschliesst.

Der obere Zechstein endlich besteht aus zähen bläulichen oder rothen Letten, in denen zahlreiche, auch hier mitunter von aschenartigen Massen begleitete Gypsstöcke, sowie Knauern oder auch schichtähnliche Lagen von dolomitischem Kalkstein auftreten. Der Gyps gewinnt namentlich am Süd- und Westrande des Harzes, wo er in Gestalt einer hohen weissen Mauer um das Gebirge herumläuft, und am Kyffhäuser eine grosse Entwickelung. Er enthält allenthalben grosse unterirdische Hohlräume, sogen. Gypsschlotten. Durch Auflösung des Gypses entstanden, stürzen diese Schlotten mit der Zeit ein und

---

Erzgehalt des Schiefers mit Annäherung an eine der zahlreichen Verwerfungen (die sogen. Rücken) jedesmal eine Steigerung erfährt, was zur Annahme nöthigt, dass die Erzführung keine ursprüngliche ist, sondern dass die metallischen Lösungen erst von den Verwerfungsspalten aus in das Flötz eingedrungen sind (vergl. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1900, S. 415).

veranlassen dann an der Tagesoberfläche trichterförmige Einsenkungen, sogen. Erdfälle. Ursprünglich war der Gyps wasserfrei, d. h. Anhydrit; und noch heute kennt man Gypsmassen, die nach der Tiefe zu allmählich in Anhydrit übergehen.

Versteinerungen sind im oberen Zechstein überall selten; doch hat man erst ganz vor kurzem in hierhergehörigen Plattendolomiten in einem Bohrloche bei Mellrichstadt am Odenwald Brachiopoden beobachtet.

Bemerkenswerth ist die grosse Mächtigkeit, die sich bei vielen Tiefbohrungen für den Zechstein ergeben hat. So betrug diese im Bohrloch von Kaiseroda unweit Salzungen (am Südwestabhange des Thüringerwaldes) nicht weniger als 322 m gegen eine Oberflächenmächtigkeit von noch nicht 76 m. Dieser grosse Unterschied erklärt sich aus der tiefgehenden Auslaugung der oberflächlichen Theile des Zechsteins, durch die

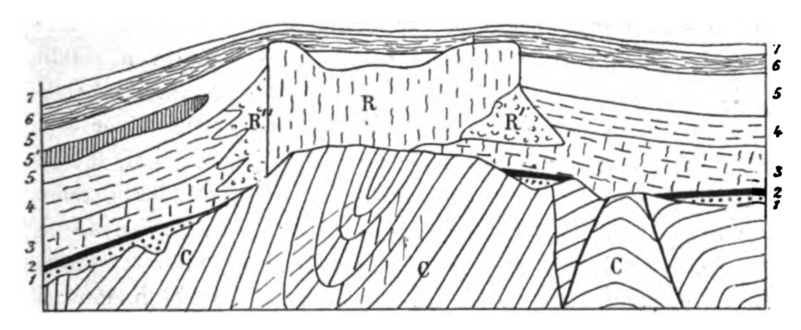


Fig 45. Idealprofil eines Bryozoenriffs aus dem Ostthüringer Zechstein. Nach Th. Liebe.

C Culmschichten. *R* Riff. *R'* Vor- und Angussriff. *1* Zechsteinconglomerat. *2* Kupferschiefer. *3* Zechsteinkalk und graublaue Letten. *4* Rauchwacke. *5* und *7* Letten. *6* Plattendolomit.

in erster Linie die Salzlager, in zweiter der Anhydrit betroffen wurden. In der That zeigen aus dem mittleren Zechstein herausgeförderte Bohrkerne, dass die an der Oberfläche stets zelligen Rauchwacken vor der Auslaugung Dolomit mit eingeschlossenen Anhydritknöllchen bildeten [1]).

Eine Eigenthümlichkeit des südöstlichen Thüringen sind die von Th. Liebe aus der Gegend östlich Saalfeld beschriebenen, dem unteren und mittleren Zechstein angehörigen Bryozoenriffe. Es sind mächtige, klotzförmige, ungeschichtete Dolomitmassen, die vereinzelt inmitten normaler geschichteter Zechsteinschichten liegend, oft hohe, tafelförmige Berge bilden (Fig. 45). Sie setzen sich hauptsächlich aus dichtgedrängten Acanthocladien, Fenestellen, Phylloporen und anderen Bryozoen zusammen — eigentliche Korallenriffe fehlen dem deutschen Zechstein

[1]) Vergl. Frantzen, Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1894, S. 65.

gänzlich — und enthalten eine reiche Thierwelt (*Strophalosia Goldfussi*, *Terebratula elongata*, *Spiriferina cristata*, *Avicula speluncaria*, *Prospondylus Liebeanus* etc.). Besonders versteinerungsreich sind diese Riffkalke bei Pössneck.

Im **Hessischen** weicht die Ausbildung des Zechsteins nur wenig von der Harzer ab. Das Zechsteinconglomerat ist hier nicht überall vorhanden, stellenweise aber, wie bei Riechelsdorf, sehr entwickelt. Stinkschiefer ist in Hessen unbekannt. Sehr charakteristisch ist für dies Gebiet, dass sich in der oberen Abtheilung der Schichtenfolge die Dolomite zu einem 15 m und darüber mächtigen Gliede, dem bald mehr plattigen, bald mehr massigen oder cavernösen Plattendolomit entwickeln. Infolge dessen zerfällt der obere Zechstein hier in untere gypsführende Letten, Plattendolomit und obere gypsführende Letten.

Eine sehr abweichende Entwickelung des Zechsteins findet sich bei Frankenberg und südlich davon bis in die Gegend von Marburg und Lollar. Zwischen den steil aufgerichteten Schichten des rheinischen Schiefergebirges und dem flach gelagerten Buntsandstein tritt hier eine mächtige Folge von rothen Conglomeraten und Sandsteinen auf, die äusserlich ganz an Rothliegendes erinnern, aber im oberen Theile dolomitische Bänke einschliessen. Bei Frankenberg führen diese Bänke ausser Pflanzen Zweischaler des Zechsteins (*Schizodus*, *Gervilleia* etc.), während die darüber folgenden hellgrauen kalkig-lettigen Schichten eine Fülle in Kupferglanz umgewandelter Pflanzenreste — darunter besonders Zweigenden von *Ullmannia Bronni*, die sogen. Frankenberger Kornähren — einschliessen, die ehemals bei Geismar (östlich Frankenberg) Gegenstand des Bergbaus waren (Geismarer „Kupferlettenflötz"). Man hat früher diese oberen kalkig-lettigen Schichten dem Zechstein, die sie unterlagernden Conglomerate aber dem Rothliegenden zugezählt, bis Denckmann auf Grund von Specialaufnahmen in der Frankenberger Gegend den Nachweis geliefert hat, dass die ganze Schichtenfolge nur eine eigenthümliche Vertretung des oberen Zechsteins bildet [1]).

Der genannte Forscher gliedert die fraglichen Schichten in:

4. Jüngere Conglomerate, meist mit dolomit. Bindemittel.
3. Braunrothe Sandsteine mit kalkig-dolomit. Bindemittel; darin Geismarer Kupferletten.
2. Rothbraune Sandsteine und Conglomerate mit kalkig-dolomitischen Einlagerungen, die vielfach marine Versteinerungen und Kupfererze enthalten (Stäteberg-Flötz).
1. Aeltere Conglomerate.

---

[1]) Die Frankenberger Permbildungen (Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1891. Berlin 1893).

Auch bei Stadtberge im äussersten Nordosten des rheinischen Schiefergebirges sind an (oxydischen) Kupfererzen reiche Letten abgebaut worden (Leitmarer Kupferlettenflötz), die vielleicht ein den Frankenbergern ähnliches Alter besitzen.

Bei Ibbenbüren unweit Osnabrück, im Norden der Münsterländer Kreidebucht, ist der Zechsteinkalk zum grossen Theil in Brauneisenstein umgewandelt. Sonst aber ist hier, abgesehen vom Fehlen des Kupferschiefers und Zechsteinconglomerats, die Entwickelung der Thüringer ganz ähnlich.

In der Wetterau besteht nach Bücking der obere Zechstein aus Rauchwacken, der mittlere aus rothen und grauen salzführenden Thonen und Mergeln, der untere aus Zechsteinkalk, Kupferschiefer und Zechsteinconglomerat. Am Rande des Spessart (Bieber) wird nach demselben Forscher der obere durch bunte Letten, der mittlere durch Dolomite, der untere durch Zechsteinkalk, Kupferletten und Zechsteinconglomerat vertreten, und auch hier ist der Kalk bezw. die Dolomite zum Theil in Eisenstein umgewandelt.

Einer besonderen Besprechung bedarf noch die Salzführung des deutschen Zechsteins. Sowohl der mittlere als auch der obere Zechstein führen Steinsalz, der letzte ausserdem noch die technisch so werthvollen (früher meist als Abraum-, jetzt auch als Edelsalze bezeichneten) Kalisalze. Sowohl in Bezug auf Mächtigkeit als auf Ausdehnung stehen diese Salzlager auf der ganzen Erde einzig da. Von dieser letzten kann man sich eine Vorstellung machen, wenn man bedenkt, dass Zechsteinsalze vom Unterrhein (Wesel) bis an die russische Grenze (Inowrazlaw) und von der Unterelbe (Lieth unweit Altona) bis über Eisenach hinaus, ja — nach zahlreichen Soolquellen (Tilsit, Insterburg, Kolberg, Eckernförde, Köstritz, Kissingen, Salzhausen in der Wetterau) zu urtheilen — noch erheblich weiter verbreitet sind [1]). Die Mächtigkeit der fraglichen Salzlager aber ergiebt sich aus folgenden, durch Bohrung oder Bergbau festgestellten Zahlen: zwischen Wesel und Ruhrort 130; Inowrazlaw über 180 m; Kaiseroda unweit Salzungen 228; Stassfurt 330; Aschersleben 460; Unseburg unweit Stassfurt 1170; Celle und Sperenberg (37 km südlich Berlin) über 1200 m Steinsalz.

Im Gebiete zwischen Harz, Elbe, Aller und Weser tritt zu diesen ungeheuren Steinsalzmassen noch eine durchschnittlich 50 m mächtige Zone von Kalisalzen hinzu. Solche finden sich weiter auch im Süden des Harzes, im Thüringer Becken, bei Sondershausen, Bleicherode, Duder-

[1]) Vergl. Fürer, Salzbergbau und Salinenkunde, Braunschweig 1900.



stadt u. s. w., sowie auf der Südwestseite des Thüringerwaldes (zwischen Schmalkalden und Hersfeld); ausserdem endlich weit im Norden und Osten der genannten Gegenden bei Lübtheen und anderen Punkten in Mecklenburg und bei Rüdersdorf östlich Berlin.

Eine grosse Zahl von Bergwerken und Salinen bauen diesen Salzsegen ab, davon allein an 20 die Kalisalze. Das bekannteste und wichtigste unter diesen Werken ist das von Stassfurt, das im Jahre 1896 91000 t Steinsalz und 304000 t Kalisalze im Werthe von mehr als 5 Mill. Mark gewann [1]). Ueber seine geologischen Verhältnisse sei

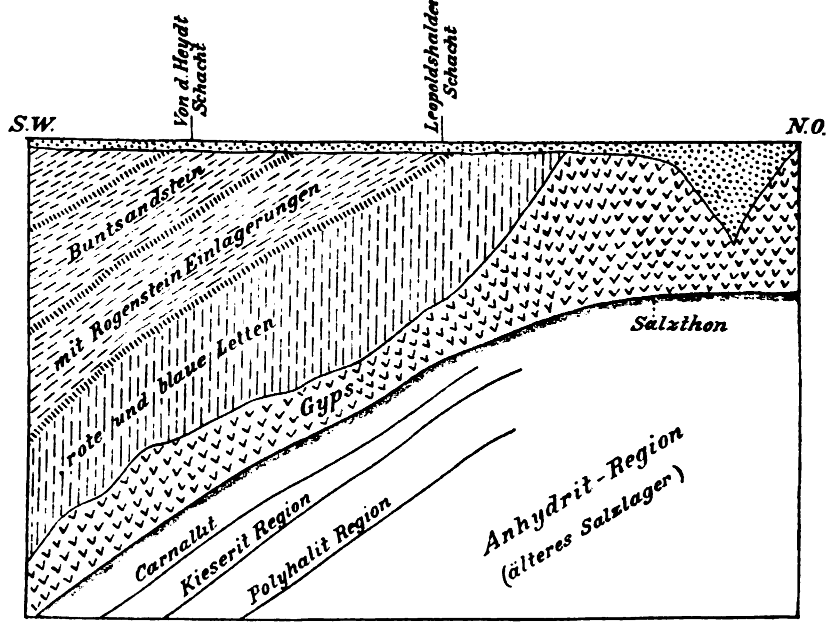
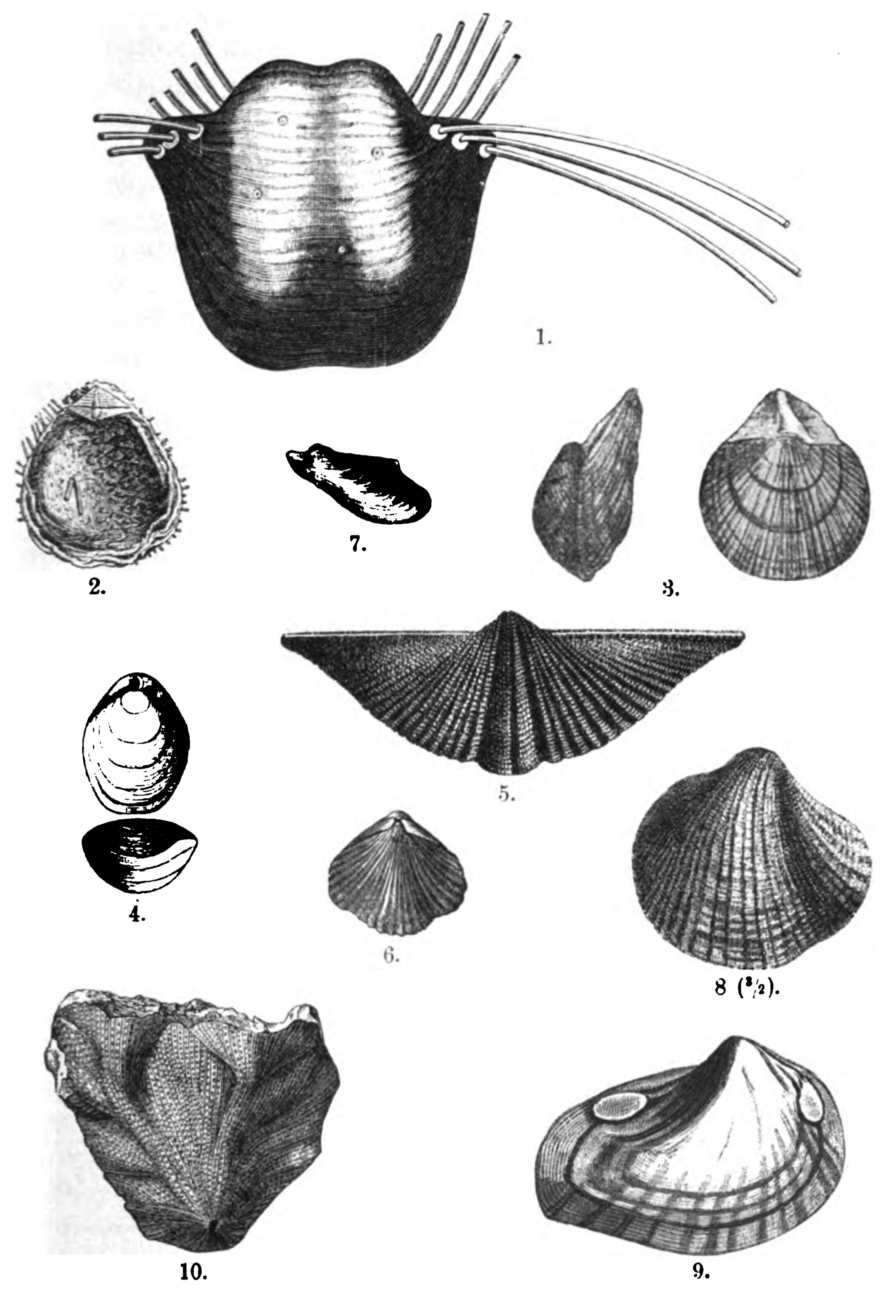


Fig. 46. Profil durch das Stassfurt-Leopoldshaller Salzlager.
(Nach Fürer, Salinenkunde S. 127.)

Folgendes bemerkt: Unter dem die Tagesoberfläche bildenden unteren Buntsandstein mit seinen Rogensteineinlagerungen liegen zunächst bunte Letten des oberen Zechsteins, dann ein etwa 40 m mächtiges Gyps- und Anhydritlager, dann der sogen. Salzthon, ein dunkler, bituminöser, gyps- und anhydrithaltiger Mergel. Dann erst folgt das Salzlager, zuoberst Kalisalze, darunter Steinsalz. Innerhalb der ersten unterscheidet man mit F. Bischof [2]) nach den vorherrschenden Salzen zunächst die Car-

[1]) Nicht viel geringer war die Erzeugung des benachbarten anhaltinischen Werkes bei Leopoldshall, deren Werth 4700000 M. betrug. Die Gesammterzeugung Deutschlands an Kalisalzen betrug in demselben Jahre 1780000 t.

[2]) Die Steinsalzwerke bei Stassfurt. Halle 1875.



Taf. 34. Versteinerungen des Zechsteinkalks. 1. *Productus horridus* Sow. 2. *Strophalosia Goldfussi* Münst. 3. *Streptorhynchus pelargonatus* Schloth. 4. *Terebratula (Dielasma) elongata* Schloth. 5. *Spirifer alatus* Schloth. = *undulatus* Sow. 6. *Camarophoria Schlotheimi* v. Buch. 7. *Gervilleia (Bakewellia) ceratophaga* Schl. 8. *Avicula (Pseudomonotis) speluncaria* Schl. 9. *Schizodus obscurus* Sow. 10. *Fenestella retiformis* Schl.

nallitregion (C. = KCl . $MgCl_2$, 6 H_2O), dann die Kieseritregion (K. = $MgSO_4$. H_2O) und endlich die Polyhalitregion (derbes Steinsalz mit dünnen Lagen von Anhydrit und Polyhalit). Das darunter liegende Steinsalzlager enthält feine, sehr regelmässig verlaufende Anhydritschnüre (sogen. Jahresringe), eine nur bei Stassfurt beobachtete Eigenthümlichkeit, und wurde deshalb von Bischof als Anhydritregion bezeichnet. Passender ist die Bezeichnung „älteres Steinsalzlager", zum Unterschiede von einem zweiten, zwar nicht bei Stassfurt selbst, aber schon bei Leopoldshall und an vielen anderen Punkten (Vienenburg — siehe Fig. 47 —, Rüdersdorf, Kaiseroda) entwickelten, über den Kalisalzen liegenden Steinsalzlager.

Dass das Stassfurter Lager wirklich dem oberen Zechstein angehört, geht aus einer Bohrung bei Unseburg hervor, die unter dem älteren Steinsalz Anhydrit, Stinkkalk, Steinsalz und Gyps des mittleren Zechsteins ergab. Ebenso sind bei Aschersleben unter einem 460 m mäch-

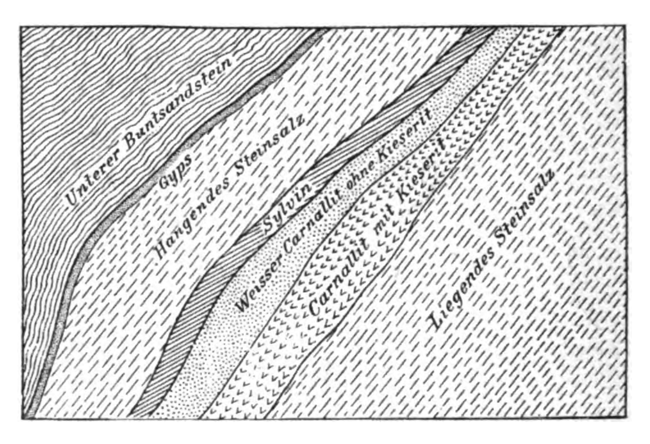


Fig. 47. Profil durch das Salzlager der Gewerkschaft Hercynia bei Vienenburg. (Nach der Zeitschr. „Industrie", 1899, Nr. 12.)

tigen Steinsalzlager zunächst Gyps, Anhydrit und Rauchwacke des mittleren Zechsteins, dann Zechsteinkalk, Kupferschiefer und schliesslich Rothliegendes erbohrt worden (Fürer, a. a. O. S. 128).

Permbildungen der übrigen Länder Europas.

Der deutschen Entwickelung des Perm ist am ähnlichsten die in **England**. Dies gilt besonders für den Osten des Landes, wo es z. B. bei Durham folgende Zusammensetzung zeigt:

Zechstein { Rothe Sandsteine und Mergel mit Salz und Gyps, 15 m.
Magnesian Limestone, 150—180 m.
Marlslate mit *Palaeoniscus, Platysomus* etc., 3—18 m.

Rothliegendes: Weisse oder gelbliche Sande mit Kreuzschichtung, 18 m.

Die Uebereinstimmung mit der deutschen Zusammensetzung ist augenfällig. Der Marlslate entspricht petrographisch und paläontologisch unserem Kupferschiefer, führt aber keine Kupfererze. Ebenso ist der Magnesian Limestone ein Aequivalent unseres Zechsteinkalks und enthält dieselben Fossilien [1]).

Weiter nach Süden geht der Magnesian L. in einen Wechsel von Kalk- und Mergelbänken über, so dass man bei Yorkshire unterscheidet:

Obere rothe Mergel	15 m
Oberer Magn. Limestone	18 "
Mittlere rothe Mergel	9 "
Mittlerer Kalkstein	45 "
Unterer Kalkstein	36 "
Obere Kalke und Mergelschiefer . .	4,5 "
Schwimmsand	3 "

Im Westen von England ist der Magnesian L. immer nur sehr schwach oder gar nicht entwickelt. Dafür tritt das Unterperm, der sogen. Lower New Red (Sandstone), so benannt im Unterschied von den ähnlichen rothen Sandsteinen der Trias, hier viel stärker hervor. Im Thale des Eden hat die Schichtenfolge folgende Zusammensetzung:

Ober-Perm	Rothe Mergel und Letten	75 m
	Zechstein (Magn. L.) von Hilton Beck	3—7 "
	Dünnsch. Sandsteine und Schieferthone mit Kohlenschmitzen und Kalkbänkchen	12 "
Unter-Perm	Obere Conglomerate (upp. brockram)	45 "
	Rothe, kreuzschichtige Sandsteine	100—300 "
	Untere Conglomerate (low. brockram)	30 "

Die Schiefer von Hilton Beck haben Reste von *Ullmannia, Alethopteris, Odontopteris* etc. geliefert.

In **Frankreich** ist die Entwickelung der Formation viel unvollständiger. Der Zechstein fehlt hier, und nur das Rothliegende ist vertreten. Dieses aber zeigt eine weitgehende Uebereinstimmung mit dem unsrigen. Vor allem tritt auch hier (so bei Autun) der Lebacher Horizont mit seinen Fischen (*Acanthodes, Amblypterus* etc.), Stegocephalen (*Branchiosaurus* etc.) und Pflanzen (*Walchia* etc.) in aller Deutlichkeit hervor. Daneben sind an einer ganzen Reihe von Punkten Schichten mit der Flora der Cuseler Stufe bekannt, die sich allerdings, ähnlich wie im Saargebiet, in Böhmen u. a. nur schwer von den sie vielfach unterlagernden carbonischen Schichten vom Alter der Ottweiler Stufe trennen lassen. Wo das Carbon entwickelt ist, liegt das Rothliegende meist

[1]) Für den organischen Inhalt der englischen Permformation ist als Hauptwerk W. King's Monograph of the Permian fossils of England (1850) zu nennen.

übergreifend darüber; und auch die verschiedenen Stufen des Rothliegenden pflegen — wie im Becken von Brive — einander mit übergreifender Lagerung zu bedecken.

Rothliegende Schichten finden sich in Frankreich sowohl in der Normandie als auch am Centralplateau und am Nordabhang der Pyrenäen.

Am entwickeltsten sind sie am Rand und auf der Höhe des Centralplateaus. In dem auf dessen Westseite liegenden Becken von

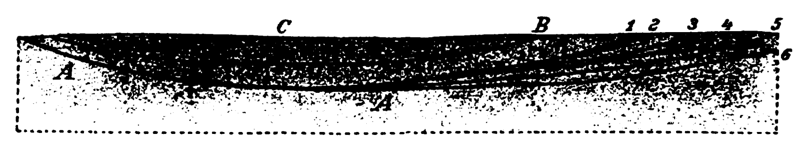


Fig. 48. Durchschnitt durch das Kohlenbecken von Commentry. Nach Fayol.

Brive setzt sich die Schichtenfolge nach den Arbeiten von G. Mouret und R. Zeiller [1]) folgendermaassen zusammen:

Oberrothliegendes: rothe Sandsteine und Schieferthone ohne Versteinerungen.
Unterrothliegendes: b) Walchienstufe mit der Lebacher Flora und Fauna. Rothe Sandsteine, Schieferletten, Kalke.
a) sogen. Permocarbon (Grand' Eury). Rothe Sandsteine und Kohlensandsteine mit Cuseler Flora. Zuunterst violette Grundconglomerate.

In dem im Nordosten des Centralplateaus gelegenen Steinkohlenbecken von Autun ist die Zusammensetzung die folgende:

Oberrothliegendes: rothe fossilfreie Sandsteine.
Unterrothliegendes: c) bituminöse Schiefer mit *Walchia*, *Callipteris* etc. und Boghead-Kohlen;
b) Sandsteine, Schiefer, Kohlen. *Callipt. conferta*, *Callipteridium*, *Calamites gigas* etc.
a) bitum. Schiefer mit Kohlen. *Walchia pinif.*, *Sigillaria* etc.

In dem am Südrande des Plateaus liegenden Becken von Lodève beobachtet man in ähnlicher Weise:

Oberrothliegendes: rothe Sandsteine.
Unterrothliegendes: c) Sandsteine und Schiefer mit schön erhaltenen *Walchia*, *Callipteris*, *Aphelosaurus*.
b) Dolomit. Schiefer und Kalke mit *Acanthodes* etc.
a) Conglomerate und Sandsteine.

Als eine besondere Merkwürdigkeit sei endlich erwähnt, dass in dem kleinen, auf der Höhe unweit des Nordrandes des Plateaus gelegenen

[1]) Bassin houiller et permien de la Brive, II. flore fossile. Paris 1892.

Becken von Commentry inmitten conglomeratisch-sandiger Schichten des Rothliegenden ein Kohlenflötz, die Grande couche, vorhanden ist, das aus der Vereinigung mehrerer Einzelflötze infolge des Auskeilens der trennenden Zwischenmittel hervorgehend, örtlich bis zur unerhörten Mächtigkeit von 25 und mehr Metern anschwillt (Fig. 48).

In **Russland** ist, wie schon oben bemerkt, in den Ostseeprovinzen noch Zechsteinkalk mit den bezeichnenden Versteinerungen bekannt. Eine wesentlich abweichende Entwickelung des Perm finden wir dagegen in dem Gebiete, wo die Formation ihren Namen erhalten hat, im Südosten des europäischen Russland. Ueber marinem Obercarbon tritt hier mit nahezu horizontaler Lagerung eine mächtige, aus bunten und zwar überwiegend rothen Conglomeraten, Sandsteinen, Schieferthonen, Letten, Mergeln, Kalksteinen, Gyps, Steinsalz und Kohle zusammengesetzte Schichtenfolge auf, die im Westen des Ural eine von der Kirgisensteppe bis ans Eismeer reichende, ein paar 100000 qkm einnehmende Platte bildet. Ein zweites, viel beschränkteres Permgebiet liegt im Osten des Donjetz-Kohlenbeckens. Von Versteinerungen schliesst das russische Perm theils Pflanzen, theils Meeresconchylien, theils endlich Land- und Süsswasserthiere ein. Die ersten, die im Wesentlichen mit Formen unseres Rothliegenden übereinstimmen, sind an die sandigen Schichten gebunden. Dagegen enthalten die Kalkbänke vielfach marine Fossilien, die in den unteren Horizonten denen des Obercarbon noch sehr nahe stehen, in den oberen aber denen unseres Zechsteinkalkes entsprechen. Die allerobersten, ganz allmählich zur Trias überführenden Schichten endlich enthalten neben spärlichen Brack- oder Süsswassermollusken (*Anthracosia, Palaeomutela* u. a.) Reste von Stegocephalen und Sauriern (Anomodonten, Theriodonten), die zum grossen Theil mit solchen des südafrikanischen Karoo-Sandsteins übereinstimmen. Diese merkwürdigen Saurier bilden zusammen mit den im untersten Perm des Ural auftretenden ammonitischen Cephalopoden die Haupteigenthümlichkeit der russischen Permformation.

Im Donjetzgebiete[1]) bestehen die tiefsten, concordant über dem obersten Carbon liegenden Schichten des Perm aus Arcosen, Sandsteinen, Schieferthonen und Kalksteinen, die eine noch fast ganz obercarbonische Brachiopodenfauna (*Enteles carnicus* und *hemiplicatus, Terebr. hastata, Spirif. supramosquensis, Product. semireticulatus* und *nevadensis, Fusul. Verneuili*) einschliessen. Erst ähnliche, in höherem Niveau liegende Kalksteine enthalten neben carbonischen Typen eine Reihe bezeich-

[1]) Vergl. Tschernyschew, Führer z. d. Excurs. d. intern. Geol.-Congr. Petersburg 1897, Nr. XVI, S. 27.

nender Zweischaler des Zechsteinkalks, wie *Schizodus Wheeleri, Pseudomon. kazanensis, Pleuroph. costatus, Nucula Beyrichi, Allerisma elegans, Gervilleia* etc. Die Flora dieser Schichtenfolge zeigt eine Mengung von obercarbonen und rothliegenden (*Asteroph. equisetif., Annul. sphenoph.* etc.) Arten.

Ueber diesen Schichten liegt ein Wechsel von Dolomitkalken mit bunten, gypshaltigen Thonen. Die hier vorkommenden Fossilien (*Gervill. ceratophaga* [**34,** 7], *Schiz. Wheeleri, Pseudom. kazanensis* etc.) entsprechen denen des Zechsteinkalkes, während die dann folgenden Kalke *Prod. Leplayi, Schwagerina princeps* (**30,** 6) sowie zahlreiche *Nautilus*-Arten beherbergen.

Den Schluss der ganzen Schichtenfolge bilden rothe und grüne Mergel mit oxydischen Kupfererzen, Gyps und Steinsalz, welches letzte bei Bachmut abgebaut wird.

Im uralischen Gebiete[1]) sind an der Basis der Formation, unmittelbar über dem Obercarbon sandig-mergelige, oft conglomeratisch werdende, hie und da kohlenführende Schichten entwickelt, die neben Pflanzenresten eine reiche, durch ihre Ammoneen überaus interessante Fauna einschliessen. Karpinsky, der diese Cephalopoden (*Medlicottia Orbignyana* [**36,** 2] u. a., *Popanoceras* [**36,** 8], *Thalassoceras* etc.) beschrieben hat[2]), hat diese Schichten als Artinsk-Stufe bezeichnet. Von den 300 daraus bis jetzt bekannten Species ist etwa die Hälfte mit dem Carbon gemein[3]). Dagegen tragen die von Schmalhausen[4]) bearbeiteten Pflanzen, unter denen wir *Calam. gigas, Callipt. conferta, Walchia, Ullmannia, Cordaioxylon* u. a. antreffen, einen durchaus permischen Charakter.

Die darüber folgenden, von Stuckenberg als Kungur-Stufe bezeichneten Kalke und Dolomite enthalten neben Brachiopoden der Artinsk-Stufe permische Zweischaler (*Leda speluncaria, Pleuroph. costatus, Lima permiana, Schizodus obsc.* und *truncat., Pecten pusillus* etc.), aber keine Cephalopoden.

Beide Stufen bilden zusammen das Permocarbon der russischen Geologen. Erst darüber folgt das eigentliche Perm.

Dieses besteht zuunterst aus rothen Sandsteinen, Schieferthonen und Mergeln, die eine spärliche limnische Fauna (*Nayadites, Palaeomutela. Bairdia*) sowie Pflanzenreste enthalten.

---

[1]) Führer z. d. Excurs. d. intern. Geol.-Congr. St. Petersburg 1897, Nr. II.

[2]) Karpinsky, Ammoneen der Artinsk-Stufe. Mém. Acad. St. Pétersb. 1889.

[3]) Krotow, Artinsk. Etage. Kazan. 1885. — Tschernyschew, Mém. du Comité géol. russe. t. III, Nr. 4, 1889.

[4]) Pflanzenreste d. artinskisch. u. perm. Ablag. im Osten d. europ. Russl. Mém. du Comité géolog. 1887.

Ueber ihnen liegt im Gouvernement Perm der wichtige, schüttig-conglomeratische, mit Kupfersalzen imprägnirte Kupfersandstein, der neben oberpermischen Pflanzen (*Ullmannia*, *Baiera*, *Psygmophyllum* = *Gingkoph.*) Theriodonten und Stegocephalen einschliesst.

Dann folgt der in den Gouvernements Kasan, Wjatka, Kostroma [1]) u. s. w., aber nicht im Gouvernement Perm entwickelte sogen. russische Zechstein, hellfarbige Kalke, die über 200 Arten von Zweischalern, Brachiopoden, Schnecken, Bryozoen u. a. einschliessen. Viele von ihnen, wie *Streptorh. pelargonatus* (**34**, 3), *Ter. elongata* (**34**, 4) *Spiriferina cristata, Camaroph. Schlotheimi* (**34**, 6), *Myt.* (*Liebea*) *Hausmanni, Bakew. ceratoph.* (**34**, 7), *Pseudom. speluncaria* (**34**, 8), *Schizod. obsc.* (**34**, 9), *Loxonema altenburgense, Nautil. Freieslebeni*, *Fenestella retif.* (**34**, **10**), sind mit Arten unseres Zechsteinkalks identisch, während der bei uns so häufige *Prod. horridus* in Russland unbekannt ist. Zu den bezeichnendsten Brachiopoden gehören *Productus Cancrini* (**35**, 2), *Strophalosia horrescens* (**35**, 8) und *Spirifer rugulatus* (**35**, 4).

Ueber diesen marinen Kalken folgen wiederum limnische Ablagerungen in Gestalt rother, fast versteinerungsloser Mergel, die von Nikitin als die tatarische Stufe bezeichnet werden. Sie enthalten im unteren Theile noch *Nayadites, Palaeomutela, Palaeanodonta,* kleine Krustaceen *(Estheria)* und Anomodontien, ja angeblich auch *Liebea septifera.* Der obere Theil dieser Stufe aber hat *Voltzia heterophylla*, *Equisetum arenaceum* und *Estheria minuta* geliefert und fällt damit schon der unteren Trias zu.

Darnach lässt sich die Permformation des innerrussisch-uralischen Gebietes folgendermaassen gliedern:

Tatarische Stufe	Perm im enger. Sinne
Russischer Zechstein (-Kalk)	
Kupfersandstein	
Untere rothe Schichtengruppe	
Kungur- und Artinsk-Stufe	Permocarbon d. russ. Geol.

Es ist endlich noch die hochinteressante Thatsache zu erwähnen, dass es vor Kurzem Amalitzky gelungen ist, im Gebiete der nördlichen Dwina (Gouvernement Wologda) in oberpermischen Schichten, die *Palaeomutela, Carbonicola, Estheria* und *Cypris,* ferner Ganoidfische, Amphibien (*Melanerpeton*) und Reptilien (*Pareiosaurus, Dicynodon*) enthalten, Charakterformen der indischen *Glossopteris*-Flora (*Glossopteris indica* u. a.,

[1]) Tschernyschew, D. perm. Kalk v. Kostroma (Verh. d. Petersb. miner. Ges. 1885). — Njetschajew, Fauna d. perm. Abl. i. Osten d. eur. Russl. (Schrift. d. naturf. Ges. Kasan 1894).



Gangamopteris) zusammen mit *Callipteris, Taeniopteris, Sphenopteris* etc. aufzufinden [1]).

Vom Timan aus setzen sich Schichten vom Alter der artinskischen Stufe auch nach Novaja Semlja fort, um in Gestalt kieseliger Gesteine mit *Productus cancriniformis, Spirifer alatus* u. s. w. auf Spitzbergen, vielleicht auch auf der Bäreninsel wieder zu erscheinen.

In **Südeuropa** kennt man permische Schichten schon seit längerer Zeit aus den Alpen. Auf beiden Seiten des Gebirges wird das Unterperm vorherrschend durch mächtige rothe Sandsteine und Conglomerate vertreten. Die Sandsteine werden in den Ostalpen als Grödner Sandstein bezeichnet, die Conglomerate als Verrucano. An vielen Stellen enthalten diese Schichten kleine Einlagerungen porphyrischer Gesteine, besonders von Melaphyr; aber auch die mächtige Porphyrmasse von Bozen-Meran sowie die gleichen Gesteine von Lugano gehören der Zeit des Rothliegenden an. Im Val Trompia in den Brescianer Alpen und an anderen Stellen schliesst diese Schichtenfolge wohl erhaltene, mit solchen unseres Rothliegenden übereinstimmende Pflanzen (*Walchia piniformis* und *filiciformis, Schizopteris, Noeggerathia* etc.) ein.

In den karnischen Alpen und den Karawanken dagegen hat man in neuester Zeit auch eine marine Entwickelungsform des untersten Perm kennen gelernt. Ueber den fusulinenführenden Schichten des Obercarbon folgen nämlich unmittelbar mächtige lichte Fusulinenkalke, die nach den Entdeckungen von G. Stache [2]), Geyer [3]) und besonders Schellwien [4]) dem Perm angehören. In diesen sogen. Trogkofelkalken hat sich nicht nur eine sehr reiche und eigenthümliche Brachiopodenfauna — *Spir. fasciger* (**30,** 1), *Fritschi* etc., *Camaroph. Schlotheimi*, *Product. semiretic.*, *cancriniformis*, *cora* u. v. a., *Marginifera* (**31,** 2), *Enteles carnicus, Suessi* etc., *Streptorh. pelargonatus* (**34,** 3), *Meekella* (**30,** 5), *Geyerella, Oldhamina, Scacchinella, Tegulifera* (**35,** 5) — Fusulinen (*Schwagerina princeps* [**30,** 6] und *fusulinoides*), Diploporen (*Gyroporella*), sondern (besonders bei Neumarktl in Oberkrain) auch bezeichnende Ammoneen der artinskischen Stufe (*Popanoceras* [**36,** 8], *Agathiceras, Thalassoceras*) gefunden. Erst über diesen Kalken folgen mit einer Erosionsdiscordanz die Aequivalente des Verrucano (dazugehörig auch die sogen. Uggowitzer Breccie), dann Grödner Sandstein (Fig. 49).

Auch das Oberperm besitzt in den Ostalpen eine Vertretung, aller-

[1]) Schrift. d. Warschauer naturf. Ges. 1895—1900.
[2]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1884, S. 367.
[3]) Jahrb. d. Wien. geol. R.-Anst. 1896, 128; Verh. d. R.-Anst. 1899, 418.
[4]) Sitzungsber. d. Berlin. Ak. d. Wiss. 1898, 693. — Die Fauna der Trogkofelschichten. Abh. d. Wien. geol. R.-Anst. 1900.



dings nur im südöstlichen Tirol und den angrenzenden Theilen Kärntens und Venetiens. Zwischen Grödner Sandstein und Werfener Schiefer treten hier nämlich plattige Dolomite und Rauchwacken auf, die zum Theil von Gypsen begleitet werden, und darüber der sogen. Bellerophon-Dolomit. Seine durch Stache [1]) bekannt gewordene Fauna besteht aus zahlreichen Bellerophonten, *Nautilus*-Arten (*fugax* [**36**, 4]), *Paralecanites* [2]), *Orthoceras*, Zweischalern (*Gervilleia* cf. *ceratophaga*), *Aviculopecten*, *Clidophorus*, Brachiopoden (*Productus*), *Strophomena*, *Spirifer*, *Athyris megalotis* etc.), *Archaeocidaris*, Gyroporellen (*bellerophontis* Rothpl.) u. a.

Etwas tiefer liegen die von Gümbel bei Neumarkt in Tirol entdeckten, später auch in den Venetianer Alpen sowie bei Fünfkirchen in Ungarn nachgewiesenen, pflanzenführenden Schieferthone. Ihre Arten

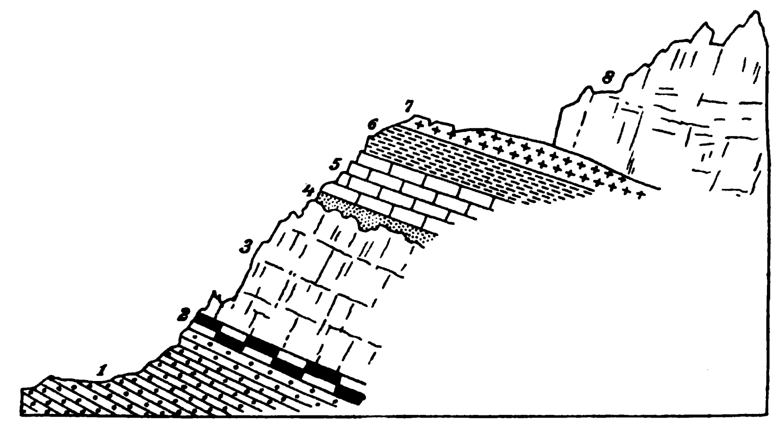


Fig. 49. Profil durch die Reppwand und Thörlhöhe nach dem Gartnerkofel nördlich Pontafel (Kärnten). Nach G. Geyer.

1, *2* Fusulinenführ. Obercarbon. *3* Altperm. heller Fusulinenkalk. *4* Conglomerate, Sandsteine und Schieferthone (Verrucano und Grödner Sandstein). *5* Oberperm. Bellerophonkalk. *6* Werfener Schiefer und Gastropodenoolithe. *7* Muschelkalk. *8* Schlerndolomit.

(*Ullmannia Bronni*, *Voltzia*, *Schizolepis*, *Baiera* etc.) stimmen zum Theil mit solchen unseres Kupferschiefers überein und mögen ein ähnliches Alter haben.

Eine überaus reiche und wichtige altpermische Fauna ist in neuerer Zeit auf Sicilien im Thale des Sosio entdeckt und von Gemellaro zum Gegenstande einer umfassenden Monographie [3]) gemacht worden. Aus triassischen Gesteinen von alpiner Ausbildung treten hier nämlich graue und weisse Fusulinenkalke hervor, die namentlich einen ausserordentlichen

[1]) Jahrb. d. Wien. geol. R.-Anst. 1877, 271; 1878, 94.

[2]) Diener, Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1897, 61.

[3]) Fauna dei calcari con Fusulina del fiume Sosio. Von 1887 an.

Reichthum an Ammoneen mit mehr oder weniger hochentwickelter, zum Theil völlig ammonitischer Lobirung beherbergen. Neben *Medlicottia, Popanoceras, Gastrioceras, Thalassoceras* und sonstigen, mit der artinskischen Etage gemeinsamen Formen finden wir hier noch zahlreiche Arten anderer Geschlechter, wie *Cyclolobus* — im Ganzen 17 Gattungen mit 54 Species. Dazu kommen zahlreiche Nautilen von carbonisch-triassischem Charakter, eine ganze Reihe von Orthoceren, ein *Gyroceras* und ein Heer von Gastropoden (*Bellerophon, Pleurotomaria, Loxonema, Naticopsis* etc.) Sehr reich sind auch die Brachiopoden vertreten, unter denen wir neben den auch in Kärnten vorkommenden Gattungen *Scacchinella* und *Geyerella* die merkwürdige asiatische Gattung *Richthofenia* (**35**, 6) antreffen. Die Trilobiten sind noch durch ein paar *Griffithides-* und eine *Proetus*-Art vertreten.

Eine der sicilischen ähnliche, ammoneenführende Permfauna ist von Caralp bei St. Girons (Dép. Ariège) in den Pyrenäen entdeckt worden.

In Italien sind phyllitisch aussehende Schiefer mit *Walchia pinif.*, *Callipt. conferta*, *Sphenophyllum* (= *Trizygia*) etc. in kohlenführenden Sandsteinen und Conglomeraten des Monte Pisano nördlich Pisa nachgewiesen worden. Auch in Süditalien scheint Rothliegendes vertreten zu sein, ebenso wie im ungarischen Erzgebirge und im Balkan.

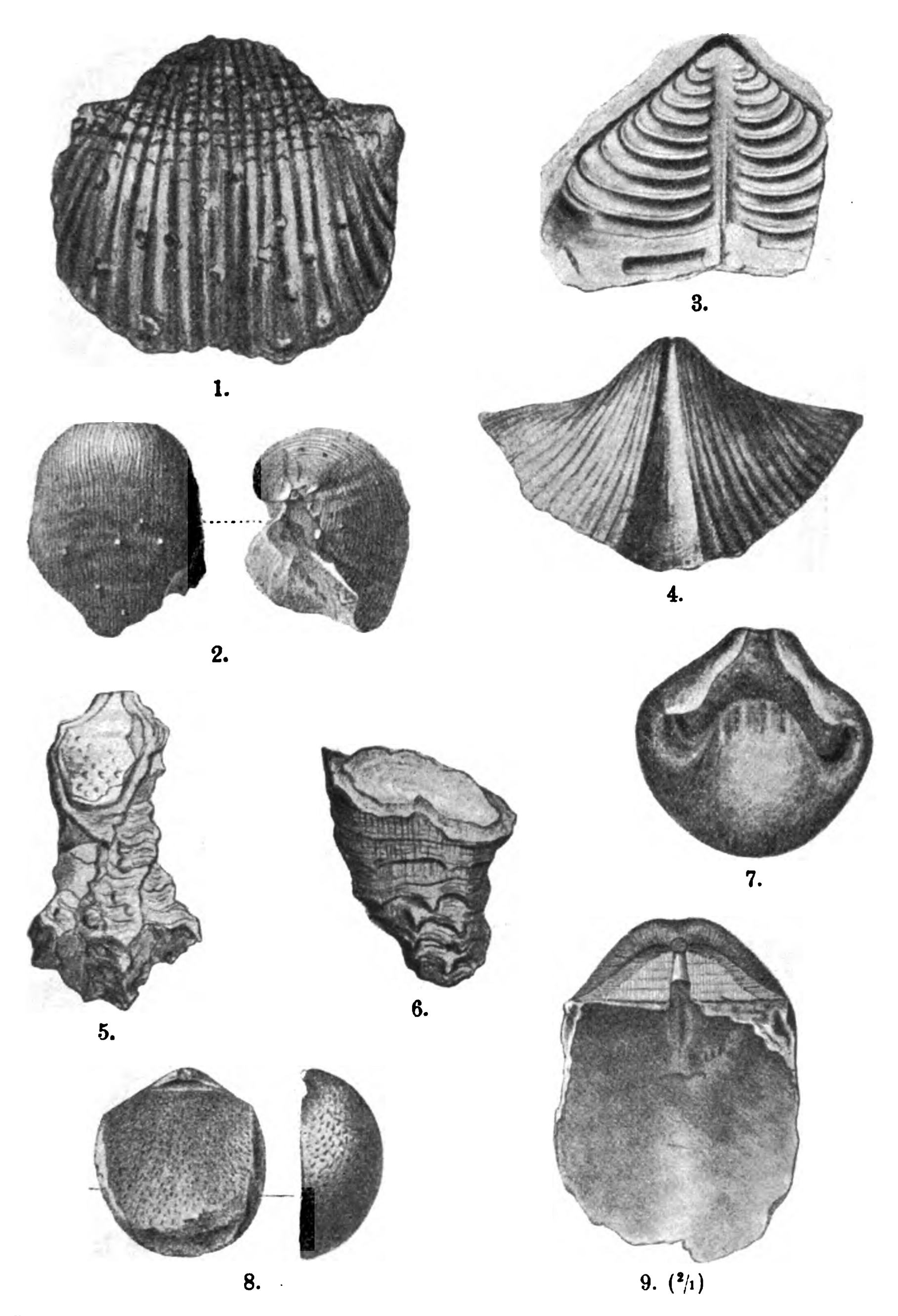
Asiatisches und nordamerikanisches Perm.

In **Asien** kennen wir schon seit längerer Zeit eine zuerst durch Abich [1]) bearbeitete, zahlreiche Brachiopoden und Ammoneen enthaltende Permfauna von Djulfa am oberen Araxes (Hocharmenien). Frech und v. Arthaber, die die Oertlichkeit kürzlich besucht haben, weisen die Fauna auf Grund einer sorgfältigen Neubearbeitung [2]) dem älteren Oberperm zu und erklären sie für ein ungefähres Aequivalent des Zechsteinkalks. Unter den etwa 60 Arten stehen im Vordergrund des Interesses Ammoneen mit ceratitischer Lobenlinie aus den Gattungen *Hungarites* und *Otoceras* (**36**, 5). Von den *Nautilus*-Arten kommt eine (*N. cornutus* Golow.) auch im russischen, von den zahlreichen Producten zwei (*Pr. Geinitzianus* und *hemisphaerium*) auch im deutschen und russischen Zechsteinkalk vor. Am innigsten aber sind die Beziehungen zum oberen Productuskalk der indischen Salzkette.

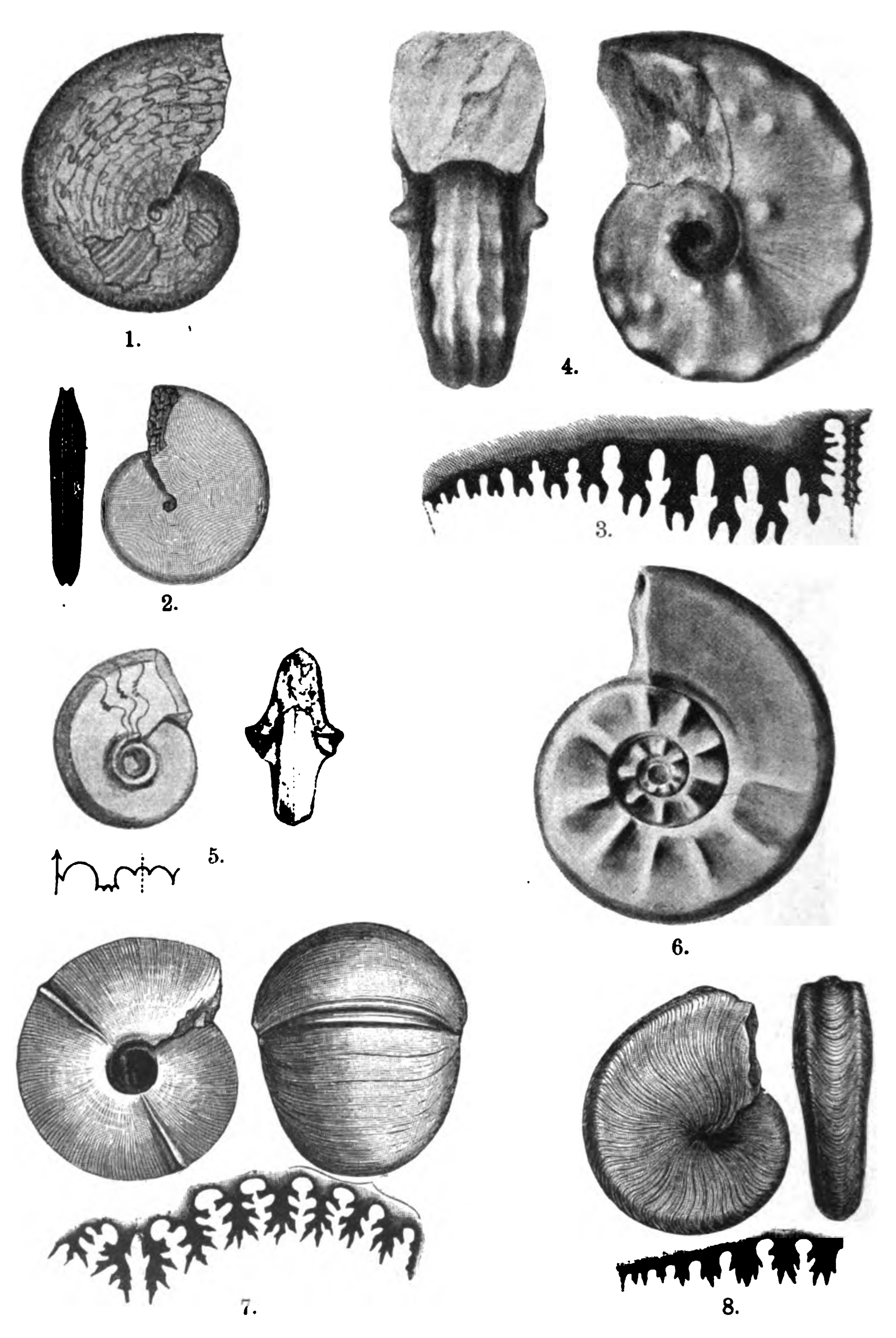
Auch in den nordöstlichen persischen Grenzgebirgen sowie in Darwas (Bucharei) haben sich Fragmente von Faunen ähnlichen Alters gefunden. Weitaus die wichtigste hierher gehörige Fauna aber schliesst

[1]) Ueb. eine Bergkalkfauna bei Djulfa in der Araxesenge. Wien 1878.

[2]) Beitr. z. Paläont. Oesterr.-Ung. Bd. XII, Heft 4, 1900.



Taf. 35. Versteinerungen des asiatischen, russischen und alpinen Perm. 1. ***Productus indicus*** WAAGEN. 2. ***Prod. Cancrini*** VERN. 3. ***Lyttonia nobilis*** WAAG. 4. ***Spirifer rugulatus*** KUTORGA. 5. ***Tegulifera deformis*** SCHELLW. 6. ***Richthofenia Lawrenciana*** DE KON. 7. ***Bellerophon (Euphemus) indicus*** WAAG. 8. ***Strophalosia horrescens*** VERN. 9. ***Aulosteges gigas*** NETSCHAJEW.



Taf. 36. Cephalopoden des russischen, sicilischen und asiatischen Perm. 1. *Medlicottia Trautscholdi* Gemell. 2. *Medlicottia Orbignyana* Vern. 3. Sutur von *Medl. primas* Waag. 4. *Nautilus fugax* Mojs. 5. *Otoceras trochoides* Abich. 6. *Xenodiscus plicatus* Waag. 7. *Cyclolobus Stachei* Gem. 8. *Popanoceras multistriatum* Gem.

der sogen. Productuskalk des vorderindischen Salt Range-Gebirges ein. Sie ist uns durch eine umfangreiche und ausgezeichnete Monographie W. Waagen's [1]) genau bekannt geworden, während ihre stratigraphischen Verhältnisse besonders durch neue Untersuchungen Fr. Nötling's [2]) geklärt worden sind. Nach diesem Forscher gliedert sich die permische Schichtenreihe der Salzkette wie folgt:

Hangendes: Ceratiten-Kalke und -Mergel der Trias.

Productus-Kalk	Oberer oder Chideru-Gruppe		Zone der *Euphemus indicus*
			„ „ *Medlicottia Wynnei*
			„ „ *Belleroph. impressus*
			„ „ *Cyclolobus Oldhami*
			„ „ *Derbyia hemisphaerica*
			„ „ *Productus lineatus*
	Mittlerer oder Virgal-Gruppe		„ „ *Xenodiscus carbonarius*
			„ „ *Lyttonia nobilis*
			„ „ *Fusulina kattaensis*
	Unt. od. Amb-Gr.		„ „ *Spirifer Marcoui*
Pandschabische Stufe	Warcha-Gruppe . .	Lavender clay u. Speckled sandstone	Z. d. *Conularia laevigata*
	Dandote-Gruppe . .	Olive sandstone	„ „ *Eurydesma globosum*
	Talchir-Gruppe . .	Boulder clay	

Gr. Lücke und Discordanz.
Liegendes: Untercambrium.

Die reiche Fauna des Productuskalks besteht namentlich aus Brachiopoden, unter denen auch hier Productiden (mit *Productus, Marginifera, Strophalosia, Aulosteges* (**35,** 9), *Chonetes*) eine Hauptrolle spielen; aber auch *Orthis, Leptaena, Streptorhynchus, Enteles* (**30,** 4), *Derbyia, Spirifer, Athyris, Rhynchonella, Camarophoria, Terebratula* etc. sind gut vertreten. Dazu kommen die merkwürdige Gattung *Richthofenia* (**35,** 6) sowie ein paar bisher als riesige Thecididen gedeutete Formen (*Lyttonia* [**35,** 3], *Oldhamina*). Nach oben treten *Spirifer, Productus* und andere der bezeichnendsten paläozoischen Geschlechter allmählich zurück, um Zweischalern Platz zu machen. Von diesen sind neben gewöhnlichen paläozoischen Formen, wie *Avicula, Aviculopecten, Allerisma* auch *Pleurophorus, Schizodus, Myophoria, Lima* u. a. vertreten. Sehr formenreich sind neben anderen Schnecken die Bellerophonten. Von Cephalopoden sind zahlreiche sculpturirte *Nautilus*-Arten, *Orthoceras* und *Gyroceras* vorhanden, während die Ammoneen (mit *Xenodiscus* [mit ceratit. Sutur — **36,** 6], *Popanoceras* [**36,** 8], *Cyclolobus* [**36,** 7] und *Medlicottia* [**36,** 1, 2]) verhältnissmässig sparsam sind. Dazu kommen endlich noch verschiedene Bryozoen, Korallen, Fusulinen (nur in den

[1]) Salt Range fossils. Productus limestone. Palaeontologia Indica, 1879—1888.

[2]) Neues Jahrb. f. Min. etc. Beilageband XIV, 369, 1901.

beiden untersten Zonen!) u. a. Mit dem Untercarbon sind nur wenige Species gemein (*Productus cora* und *lineatus* etc.), dagegen eine grössere Zahl mit dem Zechstein (*Streptorhynchus pelargonatus*, *Camarophoria Humbletonensis*, *Strophalosia excavata* und *horrescens*, *Spiriferina cristata*, *Polypora biarmica* u. s. w.). Nötling stellt die ganze Schichtenfolge dem europäischen Zechstein gleich, eine Classification, die angesichts der von den russischen Geologen wiederholt betonten nahen Beziehungen des mittleren und unteren Productuskalks zur artinskischen, bezw. zur Obercarbonfauna vielleicht noch nicht als endgültig zu betrachten ist.

Die unter dem Productuskalk liegende, von Nötling dem europäischen Rothliegenden parallelisirte Pandschab- oder Geschiebegruppe darf dadurch, dass sie einen Ausläufer der im peninsularen Indien weit verbreiteten Glacialfacies des Perm darstellt, ein grosses Interesse beanspruchen. Die Gliederung dieser 150—175 m mächtigen Schichtenreihe ist aus obiger Tabelle ersichtlich. Der alle Merkmale einer Grundmoräne zeigende, 10—40 m starke, basale Blocklehm ist ein gelblicher bis röthlicher, ungeschichteter, grobkörniger Lehm mit zahlreichen wirr gelagerten, eckigen, zum grossen Theil gekritzten Geschieben von Porphyr und anderen, ihrer Heimath nach unbekannten Gesteinen [1]. Der darüber liegende Olive sandstone dagegen bildet einen wohlgeschichteten, gelblichen Sandstein mit eingelagerten Conglomeraten und olivfarbigen Schiefern; der Speckled sandstone einen weisslichen bis rothen fleckigen Sandstein, der Lavender clay endlich einen bunten Bänderthon. Versteinerungen (*Conularia* etc.) kommen nur ganz sparsam im Olivensandstein vor. Betrachtet man den Blocklehm als glacial, so liegt es nahe, die darüber folgenden geschichteten Ablagerungen als fluvio-glacial zu deuten.

Im centralen Himalaya fehlen nach Nötling ähnliche Geschiebebildungen. Sie sind aber in Simla und Kashmir entwickelt und besitzen vor allem im Inneren der vorderindischen Halbinsel eine grosse Mächtigkeit (bis über 600 m) und Verbreitung. Sie sind hier lange als Talchirs bekannt und schon von Oldham als eine durch die Thätigkeit von Eisbergen zu Stande gekommene Bildung gedeutet worden. Die an vielen Punkten beobachtete Schrammung ihres Untergrundes beweist aber, dass sie eine continentale Glacialablagerung darstellen. Die über den Talchir-Conglomeraten folgende sandige Khaharbari-Gruppe kann als ein ungefähres Aequivalent der Dandote-Gruppe der Salt Range gelten, während die darüber liegende Damuda- sowie die

[1] Vergl. Nötling, Beitr. z. Kenntn. d. glacial. Sch. d. Salt Range. Neues Jahrb. f. Min. 1896, II, 61.



Panchet-Gruppe — sandig-conglomeratische, zum Theil kohlenführende Ablagerungen mit vielen Pflanzen (*Glossopteris*), Stegocephalen u. s. w. — continentale Vertreter des Productuskalks darstellen. Beide zusammen bilden den unteren Theil des mächtigen Gondwana-Systems, dessen höhere Theile der Trias- und Juraformation angehören.

Auch im centralen Himalaya ist jüngeres Perm bekannt. Schon GRIESBACH wies in Spiti und am Nitipass über cephalopoden- bezw. brachiopodenführenden dunklen Schiefern, die den tieferen Theilen des Productuskalks der Salzkette entsprechen, einen Horizont mit der eigenthümlichen (oben schon von Djulfa erwähnten) Ammoneengattung *Otoceras* (**36**, 5) nach. Man hat diese Otocerasschichten des Himalaya als unterstes Glied der Trias betrachtet[1]); allein NÖTLING hat kürzlich nachgewiesen, dass sie in drei ganz verschiedene Zonen zerfallen, deren unterste und mittlere, die des *Otoc. Woodwardi* und des *Ophiceras tibe-*

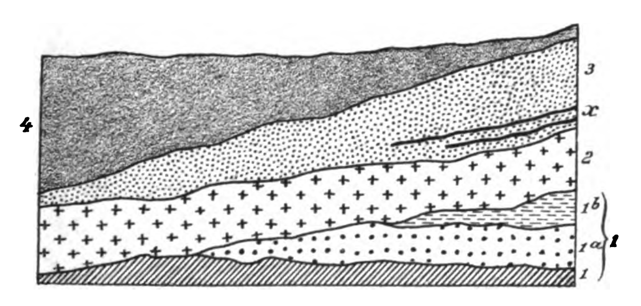


Fig. 50. Profil durch die altpermischen Glacialbildungen der Salt Range. Nach NÖTLING.

1, 1a, 1b Purpursandstein, Dolomit. Sandstein und Salz-Krystalloid-Gruppe des Untercambrium. *2* Blocklehm; *3* Olivensandstein mit fossilführenden Einlagerungen (*x*); *4* Fleckensandstein und Bänderthone.

tanum, dem oberen Niveau des oberen Productuskalks gleichstehen[2]). Daraus erklärt sich auch das Auftreten der typisch permischen Gattung *Medlicottia* in diesen Schichten.

Auch bei Tschititschun in Tibet hat DIENER[3]) eine interessante Permfauna mit *Phillipsia, Popanoceras,* zahlreichen Brachiopoden (*Enteles, Lyttonia* etc.) u. s. w. entdeckt, die nach NÖTLING das Alter des Productuskalks hätte.

---

[1]) DIENER, Cephal. of the lower trias. Himalayan fossils. Palaeont. Indica 1897.

[2]) a. a. O. S. 444.

[3]) The permocarbonif. fauna of Chitichun. Himalayan fossils. Palaeont. Indica, 1897.

Auch von Yünnan, Nanking, Timor und anderen Punkten sind Fragmente pelagischer Permfaunen bekannt geworden.

Nordamerika. In den Vereinigten Staaten finden wir im Osten, (Virginien, Pennsylvanien u. s. w.) als Vertreter des Perm in gleichförmiger Lagerung über dem productiven Obercarbon die sogen. Barren Measures mit *Callipteris conferta, Taeniopteris* und anderen permischen Leitformen zusammen mit carbonischen Pflanzentypen. In den Süd- und Weststaaten dagegen (Texas, Kansas, Nebrasca u. s. w.) liegt unmittelbar über und in innigster Verknüpfung mit dem marinen Obercarbon zunächst eine sandig-schiefrig-kalkige Schichtenfolge, die sogen. Wichitabeds. Sie enthalten in ihrem unteren Theile zahlreiche, von Cope schon lange als permisch erkannte Theriodonten (*Naosaurus* u. a.), Stegocephalen (*Eryops, Cricotus*) und Fische (*Pleuracanthus, Janassa* etc.), im oberen neben zahlreichen meist carbonischen Arten (besonders von Brachiopoden — *Productus, Marginifera, Camarophoria, Spirifer* etc. —, Zweischalern, Gastropoden u. a.) permische Ammoneen (*Medlicottia, Popanoceras, Waagenoceras*). Darüber folgt als Vertretung des Oberperm eine überwiegend roth gefärbte, aus Sandsteinen, Mergeln und Schieferthonen zusammengesetzte, gyps- und salzhaltige, versteinerungsarme, der tatarischen Stufe Russlands vergleichbare Gesteinszone [1]).

Permische Ablagerungen der Südhemisphäre.

Wie schon früher bemerkt, ist das Perm in den Ländern der südlichen Halbkugel überwiegend in Form ähnlicher geschiebeführender Glacialbildungen und anderer Continentalablagerungen entwickelt, wie wir sie bereits in Indien kennen gelernt haben.

In **Südafrika** gehört hierher die sowohl am Cap als auch in Transvaal und weiter nördlich bis ins Nyassaland und Deutsch-Ostafrika [2]) verbreitete Karoo-Formation. Sie beginnt mit dem sogen. Dwyka-Conglomerat, einem mächtigen, meist ungeschichteten Blocklehm, dessen geglättete und geschrammte Auflagerungsfläche überall deutlich die Wirkungen glacialer Abschleifung erkennen lässt. Unter den Geschieben findet man ausser Gesteinen unbekannten Ursprungs auch solche, die der unmittelbaren Umgebung entstammen (sogen. Localmoräne). Die dann folgenden

---

[1]) Charles White, The Texan Permian. Bull. U. St. Geol. Surv. Nr. 77, 1891. — Vergl. auch Perrin Smith, Journ. of Geol. II, 187; III, 369; 1894, 1895.

[2]) Vergl. Potonié in Bornhardt, Deutsch-Ostafrika. Bd. VII, 1900, S. 495.

Ecca-Schichten sind geschichtete, geschiebefreie, vielleicht als Rückzugsgebilde des Inlandeises zu betrachtende Ablagerungen. Noch höher endlich liegen die Beaufort- und Molteno-Schichten. Sie sind fluviatiler oder lacustrer Natur und bestehen, abgesehen von zahlreichen Diabaslagern, aus Sandsteinen, Thonen und Steinkohlenflötzen mit Resten von *Glossopteris*, *Sigillaria* und anderen Pflanzen [1]), in deren Begleitung auch hier ähnliche Reptilien, Amphibien und Anthracosiden vorkommen wie in Russland und Nordamerika.

In **Australien** finden wir ganz ähnliche Bildungen in Victoria, Neu-Südwales und Tasmanien wieder. In Victoria treten discordant über Untercarbon oder älteren Gesteinen — Obercarbon scheint zu fehlen — zunächst mächtige ungeschichtete Blocklehme mit gekritzten und polirten Geschieben, die sogen. Bacchus Marsh-Schichten auf, dann die kohlenführenden, *Glossopteris* enthaltenden Newcastle beds. Die noch höheren Hawksbury beds fallen schon der Trias zu. In Neu-Südwales liegen die Verhältnisse ganz ähnlich. Auch hier wird der obere Theil der Schichtenfolge von kohlenführenden Schichten gebildet; in deren unterem Theile aber lassen sich in aller Deutlichkeit die Ablagerungen einer älteren und einer jüngeren Vereisung, des Lochinvar- und des Branxton-Horizontes unterscheiden. Beide sind durch eine mächtige Zone von marinen Schichten mit Brachiopoden, Zweischalern, Gastropoden u. s. w. getrennt. Die Gesammtmächtigkeit der permischen Gesteinsfolge dieser Gegend beträgt etwa 4000, die der glacialen Serie gegen 1500 m [2]).

Am wenigsten sind noch die hierher gehörigen Ablagerungen **Südamerikas** bekannt. Aus Rio grande do Sul kennt man ähnliche weit verbreitete Blocklehme, wie sie oben aus Australien und Afrika beschrieben wurden. Dort und im nordwestlichen Argentinien haben sich kohlenführende Sandsteine und Schiefer mit der *Glossopteris*-Flora (*Gloss.*, *Gangamopt.*, *Phyllotheca*) zusammen mit *Lepidodendron*, *Neuropteridium* etc. gefunden. In Argentinien liegen die fraglichen Schichten discordant auf älter-paläozoischen oder archäischen Gesteinen und werden concordant von triassischen Sandsteinen mit *Thinnfeldia*, *Baiera*, *Pterophyllum* etc. bedeckt [3]).

Nachstehende Tabelle bietet eine Uebersicht über die Gliederung der permischen Schichten in den zuletzt besprochenen Gebieten.

---

[1]) Vergl. Moolengraaf, Centralbl. f. Min. 1901, S. 179.

[2]) Vergl. David, Trans. roy. soc. N.-S.-Wales, XXXIII, 1900, S. 154.

[3]) Bodenbender, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1896, 743.

Ostindien	Australien	Südafrika	Südamerika
Untere Gondwana-Schichten mit *Glossopteris*	Kohlenführende Newcastle beds mit *Glossopteris*	Unterer Theil der Karoo-Formation mit *Glossopteris, Sigill., Lepidod.*	Kohlenführende Schichten mit *Glossopteris, Lepidodendr.*
Talchirs	Bacchus Marsh beds } m. Spuren zweier Vereisungen	Dwyka-Conglomerate	Blocklehm
Disc.	*Disc.*	*Disc.*	*Disc.* (?)
Grundgebirge	U. Carbon oder ältere Schichten	Sogen. Cap-Formation	Paläoz.-arch. Grundgebirge

Paläontologischer Charakter der Permformation.

Wie im Carbon, so spielen auch im Perm neben thierischen pflanzliche Ueberreste eine beträchtliche Rolle. Die Hauptelemente zur Kenntniss der permischen Flora hat das Rothliegende geliefert; indess enthalten der deutsche Kupferschiefer und die ihm im Alter nahe stehenden alpinen und ungarischen Pflanzenschiefer eine nicht unbeträchtliche Flora, die sogar dadurch, dass sie sich mehr an den mesozoischen als den paläozoischen Florentypus anschliesst, in einem auffälligen Gegensatz zum Rothliegenden steht. Nach Ernst Weiss[1]) wäre dieser Gegensatz so gross, dass wenn man die Grenze zwischen der mesozoischen und paläozoischen Formationsgruppe lediglich nach der Flora ziehen wollte, man sie nicht mit der Ober-, sondern mit der Unterkante des Zechsteines zusammenfallen lassen müsste. Es bedarf kaum der Bemerkung, dass diese Eigenartigkeit der Zechsteinflora sehr zu Gunsten der Selbständigkeit der Permformation gegenüber dem Carbon ins Gewicht fällt.

Die Flora der Permzeit zerfällt in zwei im Allgemeinen scharf getrennte Gebiete, nämlich 1. das der Nordcontinente und 2. das der Südhemisphäre. Nur in Indien und Sibirien (?) greift die südliche Flora über den Aequator hinüber und bis in den Norden des europäischen Russland hinein.

Um die Kenntniss der europäischen Permflora haben sich besonders H. Br. Geinitz, Göppert, Weiss, O. Heer, Zeiller, Gr. Eury, Sterzel und Potonié verdient gemacht, um die der südlichen *Glossopteris*-Flora namentlich Feistmantel[2]).

[1]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1877, S. 252.

[2]) Geinitz, Dyas, Heft II, 1862. — Göppert, D. foss. Flora d. perm. Form.

Die Flora des Rothliegenden ist derjenigen der Steinkohlenformation ähnlich und setzt sich wie sie ausschliesslich aus Landpflanzen zusammen. Sie besteht vorzugsweise aus Farnen, Calamiten und Coniferen, während die im Carbon so wichtigen Sigillarien und Lepidodendren, und damit zusammenhängend auch die Stigmarien bereits fast gänzlich verschwunden sind. Von Sigillarien sind nur noch die Subsigillarien mit leiodermaler Sculptur, d. h. mit furchenloser, keine Polsterabgrenzungen besitzender Rindenoberfläche vorhanden (**29**, **1**). Unter den Farnen ist besonders *Callipteris* (verwandt mit *Alethopteris*, aber der dünne Mittelnerv der Fiederchen hört schon vor der Spitze auf) *conferta* (**32**, 1) durch weite Verbreitung und Häufigkeit wichtig, unter den sich von jetzt an stark entwickelnden Coniferen *Walchia piniformis* (**32**, 2) und *filiciformis*.

Die Cycadeen waren durch *Medullosa* und *Pterophyllum* vertreten. Die nicht seltenen, früher als *Araucarites*, jetzt als *Cordaioxylon* bezeicheten verkieselten Stammstücke gehören zu den Cordaitaceen, einem Bindegliede zwischen Cycadeen und Coniferen.

Auch im Zechstein spielen Landpflanzen die Hauptrolle. Die früher so wichtigen Lepidodendren und Calamiten fehlen bereits. Ausser einigen Farnen (*Sphenopteris*, *Alethopt.*) sind hauptsächlich Coniferen vertreten, besonders *Ullmannia* (Fig. 51), *Voltzia* und *Baiera*, welch' letzte indess bis in die obere Trias und noch höher aufsteigt.



Fig. 51. *Ullmannia phalaroides* Schl. Zechstein von Frankenberg.

Für das Perm der Südhalbkugel ist in erster Linie die durch grosse, lang-spatelförmige, ungetheilte, netzadrige Wedel ausgezeichnete, zu den Neuropteriden gehörige Farngattung *Glossopteris* bezeichnend, obwohl sie ihre Hauptentwickelung erst in nachpermischer Zeit erreicht. Im Perm Südafrikas und Südamerikas treten in ihrer Begleitung noch einige carbonische Typen (*Lepidodendron*, *Subsigillaria*) auf, was in Australien und Indien nicht der Fall ist. Neben dieser Hauptleitform wären für die *Glossopteris*-Flora als wichtig zu nennen *Gangamopteris* (mit weit grösseren, keine Mittelader besitzenden Wedeln) und *Callipteris*; ferner *Voltzia*, *Noeggerathiopsis* (noch reichlich vorhanden), die Calamarie *Schizoneura* u. a. m.

1864—1865. — Weiss, Foss. Flora d. jüngst. Steinkohlenform. u. d. Rothlieg. im Saar-Rhein-Gebiete, 1869. — Heer, Ueber perm. Pflanzen von Fünfkirchen. Jahrb. d. ungar. geol. Anst. Bd. V, 1876. — Sterzel, Fl. d. Rothl. v. Oppenau 1895. — Potonié, Rothl. Fl. v. Thüringen. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1893. Vergl. auch desselben Pflanzenpal. 1899, S. 377 ff. — Feistmantel, Foss. Flora of the Gondwana System. Pal. Indica 1863—1886.

Was die Fauna der Permformation betrifft, so sind von niedersten Thieren die **Foraminiferen** (*Fusulina* u. a.) als noch fast ebenso wichtig wie im Obercarbon zu erwähnen. Von Korallen ist im deutschen Zechstein kaum etwas anderes als die Cyathophyllide *Polycoelia* und die feinröhrige *Stenopora* (*Geinitzella*) mit der Hauptart *columnaris* bekannt; in der indischen Salt Range dagegen sind noch *Michelinia, Pachypora, Lonsdaleia* u. a. Gattungen vorhanden. Die **Echinodermen** sind überall ziemlich sparsam. Dagegen spielen die **Bryozoen**, die stellenweise förmlich riffbildend auftreten, eine grosse Rolle. *Fenestella* (**34**, 10), *Polypora, Phyllopora, Acanthocladia* sind besonders verbreitete Gattungen.



Fig. 52. *Glossopteris Browniana* Brngn.

Eine grosse Wichtigkeit besitzen, wie für alle paläozoischen Formationen, die **Brachiopoden**. Im westeuropäischen Zechstein sind ihrer kaum drei Dutzend bekannt, im asiatisch-uralischen Perm dagegen einige Hundert. Im Allgemeinen stehen sie den Brachiopoden des Obercarbon noch sehr nahe. Wie im Carbon so treten auch hier vor allen übrigen Familien durch Häufigkeit und Formenmannigfaltigkeit die Productiden hervor. *Productus horridus* (**34**, 1) ist von der Wetterau und Polen bis nach Spitzbergen verbreitet. Auch die Productidengattungen *Aulosteges* (**35**, 9) und *Strophalosia* (**35**, 8) sind vorherrschend permische Formen, und dasselbe gilt von *Camarophoria* (**34**, 6) und *Streptorhynchus* (**34**, 3). Als eine bezeichnende asiatische, aber auch in Sicilien vorkommende Permform ist die festwachsende, unregelmässig gestaltete und mit wurzelartigen Anhängen versehene Gattung *Richthofenia* (**35**, 6) zu nennen. In den Alpen ist *Tegulifera* eine vergleichbare Gestalt (**35**, 5). Dort, wie auch auf Sicilien, treten noch einige weitere eigenthümliche Gattungen (*Megarhynchus* etc.) auf. Als sehr auffällige, von Waagen als riesige Thecideen gedeutete, aber ihrer Stellung nach noch zweifelhafte Formen sind endlich noch *Lyttonia* (**35**, 3) und *Oldhamina* zu nennen.

In Deutschland machen neben Brachiopoden **Lamellibranchiaten** mit den Gattungen *Gervilleia* (*ceratophaga* [**34**, 7]), *Pseudomonotis* (*speluncaria* [**34**, 8]), *Arca, Pleurophorus, Allerisma, Schizodus* (*obscurus*) u. s. w. den Hauptbestandtheil der Zechsteinfauna aus. Andere russische und asiatische Gattungen wurden bereits oben namhaft gemacht.

Die **Gastropoden** sind ziemlich zahlreich, bieten aber, wenn man von dem massenhaften Auftreten der Gattung *Bellerophon* in den Alpen und in Indien absieht, wenig besonders Bemerkenswerthes.

Die Cephalopoden sind in Deutschland auf einige wenige Arten von *Nautilus* und *Orthoceras* beschränkt. In Südeuropa, Asien und Amerika dagegen treten nicht nur beide genannten Gattungen — die Nautilen mit stark sculpturirten, an carbonische und triassische Arten erinnernden Gehäusen —, sondern ausserdem noch *Gyroceras* und vor allem ein ganzes Heer von Ammoneen auf. Schon oben wurde wiederholt hervorgehoben, dass die letzten theils noch ungetheilte, goniatitische, theils schon ceratitische oder auch stärker zerschlitzte, ammonitische Suturen besitzen (vergl. Taf. **36**). Eine der bezeichnendsten Permformen ist die weit verbreitete (Europa, Asien, Nordamerika), besonders durch langen, gezackten Externsattel ausgezeichnete Gattung *Medlicottia* (**36**, 1—3). Zur Familie der Ceratitiden gehören *Otoceras* (**36**, 5), mit merkwürdiger ohrförmiger Auftreibung der Nabelkante und zugeschärfter Externseite, *Xenodiscus* (**36**, 6), *Hungarites* u. a.; zu der der Arcestiden *Popanoceras* (**36**, 8), *Cyclolobus* (**36**, 7) u. a. mit kugliger, meist ziemlich

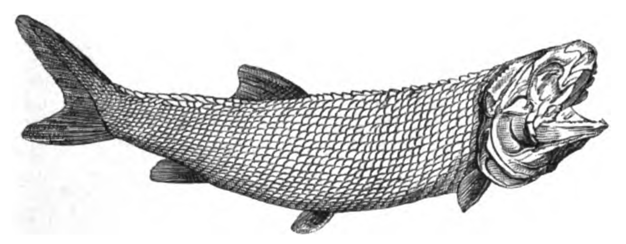


Fig. 53. ***Palaeoniscus Freieslebeni.*** Agass. Deutscher Kupferschiefer. (1/4 n. Gr.)

involuter Gestalt und zerschlitzter Sutur. Besonders mannigfaltig sind die Ammoneen im sicilischen Perm.

Von Gliederthieren sind Ostracoden sowohl im deutschen Kohlenrothliegenden als auch im Zechstein ziemlich verbreitet. Von Phyllopoden wäre die Gattung *Estheria* zu nennen; zu den Amphipoden wird der bei Lebach nicht seltene *Gampsonyx fimbriatus* (**32**, 4) gerechnet. Die schon im Carbon ihrem Erlöschen entgegengehenden Trilobiten haben im Perm ihre letzten, den Gattungen *Phillipsia*, *Griffithides* und *Proetus* angehörigen Vertreter. In den dyassischen Ablagerungen der Thetys noch ziemlich häufig, gehören Trilobiten im deutschen Zechstein zu den allergrössten Seltenheiten. Erst in allerneuester Zeit ist (bei Gittelde am Harz) ein vereinzeltes Pygidium einer *Proetus*-artigen Form gefunden worden. Myriapoden und Insecten (**33**, 4) sind im Kohlenrothliegenden in ziemlicher Anzahl bekannt.

Zu den interessantesten und eigenthümlichsten Bestandtheilen der permischen Fauna gehören die Wirbelthiere, die durch Fische, Amphibien und Reptilien vertreten sind. In Deutschland bilden die Lebacher Schichten und der Kupferschiefer ihre Hauptlagerstätten.

Die Fische sind vorherrschend heterocerke Ganoiden. Dazu gehören der häringsähnliche *Palaeoniscus* und der hochrhombische, schollenförmige *Platysomus* (*Pal. Freieslebeni* und *Pl. gibbosus* [Fig. 53 u. 54], die beiden gemeinsten Formen unseres Kupferschiefers), die grosse, schlanke, an ihren diagonal gefurchten Schuppen leicht kenntliche Gattung *Acrolepis* (Kupferschiefer), der durch fein gestrichelte Schuppen ausgezeichnete *Amblypterus* (*macropterus* [**32**, 5] gemein in den Thoneisensteinnieren von Lebach) u. a. m. Auch die durch sehr kleine rhombische Schuppen, mit Stacheln bewehrte Flossen und Anderes ausgezeichnete Gattung *Acanthodes* (*gracilis* [**32**, 6] im Kohlenrothliegenden), *Coelacanthus* u. a. gehören hierher. Zu den Selachiern gehört *Janassa*, von der sich im Kupferschiefer nicht selten die aus zahlreichen prismatischen Zähnen zusammengesetzten Gebisse finden, während die Gat-

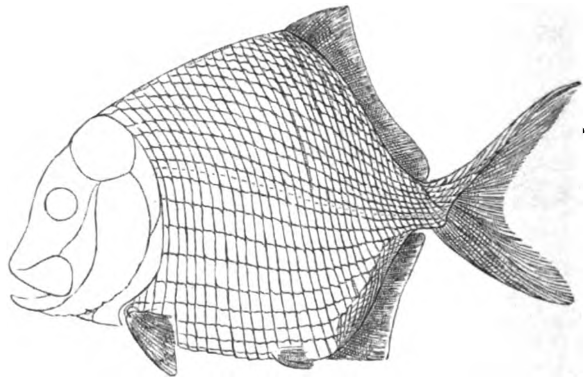


Fig. 54. *Platysomus gibbosus.* Agass. Deutscher Kupferschiefer. (1/4 n. Gr.)

tung *Xenacanthus* oder *Pleuracanthus* (*Decheni* Leitform des Rothliegenden) mit Chagrinhaut, gewaltigem Nackenstachel, langen, mit einem Knochenschafte versehenen Flossen (sogen. Crossopterygier-Flossen) u. s. w. einen interessanten Mischtypus darstellt.

Die Amphibien der Permzeit gehören der vom Carbon bis in den Jura reichenden Familie der Stegocephalen oder Labyrinthodonten an[1]). Es waren Thiere von sehr verschiedenem, salamander-, eidechsen-, krokodil- oder auch schlangenähnlichem Aussehen. Ihre Metamorphose und der doppelte Condylus occipitalis entscheiden über ihre Zugehörigkeit zu den Amphibien. Auch die Unterseite des Schädels

---

[1]) Burmeister, Labyrinthodonten von Bernburg, Saarbrücken, 1849, 1850. — H. v. Meyer, Ueber *Archegosaurus*; Reptilien a. d. Steinkohlenf. Deutschlands. Paläontogr. I u. VI. — Miall, On Labyrinthodonts. Report brit. Assoc. 1873, 1874. — Fritsch, Fauna d. Gaskohle, 1879—1885. — Herm. Credner, Stegocephalen des Plauenschen Grundes b. Dresden. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1881—1893.

ist wie bei diesen gebaut; seine Oberseite aber sowie die Schuppenbedeckung des Körpers sind reptilartig. Die Stegocephalen bilden auf diese Weise einen ausgezeichneten Collectivtypus und zugleich, wie die unvollkommene Verknöcherung ihrer Wirbelsäule zeigt, einen Embryonaltypus. Der Kopf und die Kehlbrustregion war bei allen gepanzert, bei manchen auch die Bauchseite. Weitere Eigenthümlichkeiten waren die mäandrisch gefalteten Zähne (**33**, 1a), der knöcherne Augenring u. s. w. Im deutschen Kohlenrothliegenden ist der krokodilähnliche *Archegosaurus* (*Decheni* [**33**, 1], *latirostris*) besonders wichtig. Weitere in Sachsen, Böhmen und anderwärts vorkommende Typen sind *Branchiosaurus* (**33**, 3), *Pelosaurus, Melanerpeton, Sclerocephalus* u. s. w. Auch in Frankreich, Russland, Texas, Südafrika und Brasilien kommen ähnliche permische Stegocephalen vor.

Die permischen Reptilien endlich, wie es scheint die ältesten ihrer Art, gehören den beiden Ordnungen der Rhynchocephalen und Theromorphen an. Die ersten sind eidechsenähnliche, in der Jetztwelt nur noch durch die neuseeländische Gattung *Hatteria* (*Sphenodon*) vertretene Thiere. Zu dieser Ordnung gehören *Palaeohatteria* [1]) aus dem Rothliegenden von Nd.-Hässlich bei Dresden, *Proterosaurus* aus dem Kupferschiefer u. a. Die durch ihre verwandtschaftlichen Beziehungen nicht nur zu anderen Reptil- und Amphibienordnungen, sondern auch zu den Säugethieren so merkwürdigen, ausschliesslich auf Perm und Trias beschränkten Theromorphen dagegen sind sowohl im Rothliegenden und Kupferschiefer Mitteleuropas (*Naosaurus* u. a.), als auch besonders im russischen und nordamerikanischen Perm zu Hause, aus welch' letztem sie namentlich durch zahlreiche Arbeiten Cope's bekannt geworden sind.

---

[1]) Credner, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1888.

IV. Mesozoische oder secundäre Formationsgruppe.

Die Schichtenreihe des mesozoischen Zeitalters, des Mittelalters in der Geschichte unserer Erde, stellt in ihrer Gesammtheit eine oft mehrere 1000 m mächtige Folge von Ablagerungen dar, welche jetzt fast allgemein in drei grosse Abschnitte oder Formationen, nämlich die Trias-, die Jura- und die Kreideformation, getheilt wird. Nur wenige Geologen schalten mit v. Hauer zwischen Trias und Jura noch eine weitere, die rhätische Formation, für die obersten Keuperbildungen ein.

In der gegenseitigen Abgrenzung der drei Formationen ist bis jetzt noch keine allgemeine Uebereinstimmung erzielt. So rechnen

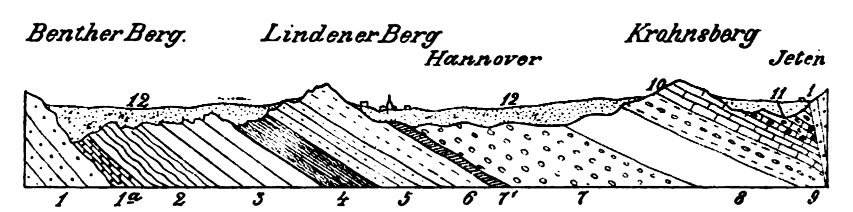


Fig. 55. Profil durch die mesozoische Schichtenfolge der Gegend von Hannover. Nach Heinr. Credner.

1 Unterer und mittlerer Buntsandstein. *1a* Röth. *2* Muschelkalk. *3* Keuper. *4* Lias. *5* Brauner Jura. *6* Weisser Jura. 7^1 Serpulit. *7* Hils (Neocom). *8* Gault. *9* Cenoman. *10* Turon. *11* Senon. *12* Diluvium und Alluvium.

manche, namentlich französische Forscher die eben erwähnten rhätischen Bildungen zum Jura, während sie in Deutschland zur Trias gezogen werden. Ebenso wird eine marine Zwischenbildung zwischen Jura und Kreide, das Tithon, von einer Anzahl von Geologen mit der Kreide, von der grossen Mehrzahl aber mit dem Jura verbunden. Auch die an der Basis der Kreide liegenden Wealdenbildungen wurden früher bald zum Jura, bald zur Kreide gestellt, werden aber jetzt fast allgemein mit der letztgenannten Formation vereinigt.

Was die petrographische Zusammensetzung der mesozoischen Ablagerungen betrifft, so macht sich im Vergleich mit den paläozoischen Schichten eine wesentliche Zunahme der kalkigen Gesteine, die von jetzt

an eine Hauptrolle spielen, geltend. Daneben fällt der fast gänzliche Mangel der in den paläozoischen Formationen so verbreiteten Thonschiefer, der Kieselschiefer und Quarzite auf. Statt ihrer erlangen Thone, Letten und Schieferthone sowie Sandsteine eine grosse Verbreitung. Sie stellen zusammen mit Kalksteinen, Mergeln und Dolomiten die herrschenden Gesteine der mesozoischen Formationsgruppe dar.

Die Lagerung der mesozoischen Schichten ist im Vergleich mit den älteren paläozoischen Ablagerungen im Allgemeinen eine wenig gestörte. Wenn bei diesen eine flache Schichtenlage eine Ausnahme bildete, so wird sie bei den mesozoischen Gesteinen Regel. Nur in jüngeren Kettengebirgen, wie im Juragebirge und in den Alpen, sowie in der Nachbarschaft grösserer Verwerfungen finden sich auch bei ihnen stärkere Faltungen und steile Schichtenstellung.

Die eruptive Thätigkeit, die in der Permzeit noch so lebhaft war, liess mit Beginn des mesozoischen Zeitalters auf der ganzen nördlichen Halbkugel der Erde sehr nach. Ueber grosse Flächenräume Deutschlands, Englands, Frankreichs, Russlands und anderer Gegenden findet man in den mesozoischen Gebilden nicht die geringste Spur von eingelagerten Eruptivgesteinen und Tuffen, und wo solche vorhanden sind, wie im südlichen Tirol und im nördlichen Schottland, sind die betreffenden, gewöhnlich porphyrischen Gesteine auf ein enges Gebiet beschränkt.

Paläontologisch ist das mesozoische Zeitalter hauptsächlich durch das Auftreten der ersten Säugethiere, Vögel, Knochenfische und Laubhölzer ausgezeichnet. Die grosse Entwickelung der Saurier, der Ammoniten und Belemniten, der Hexakorallen u. s. w., ebenso wie das sich jetzt vollziehende Zurücktreten der in der ganzen paläozoischen Zeit vorherrschenden Brachiopoden gegenüber den Lamellibranchiaten und der Crinoiden gegenüber den Echinoideen und endlich das völlige Fehlen der Panzerfische und Trilobiten, der Cystideen, der rugosen und tabulaten Korallen, der Lepidodendren, Calamiten u. s. w. bilden weitere wichtige, die mesozoische von der paläozoischen Lebewelt unterscheidende Merkmale. Die Flora der Secundärzeit bestand ganz überwiegend aus Cycadeen und Coniferen.

A. Triasformation.

Allgemeines und Geschichtliches.

Die Trias, die älteste der mesozoischen Formationen, verdankt ihren Namen der Thatsache, dass sie in Deutschland, wo man sie zuerst näher kennen gelernt hat, in drei scharf von einander getrennte Abtheilungen,

nämlich von unten nach oben den Bunten Sandstein, den Muschelkalk und den Keuper zerfällt. Schon im 18. Jahrhundert, zu Zeiten LEHMANN'S, FÜCHSEL'S und WERNER'S unterschied man bei uns Buntsandstein und Muschelkalk als wichtige Glieder des „Flötzgebirges", während der Keuper — der Ausdruck entstammt der Gegend von Koburg — erst viel später, nämlich in den 20er Jahren d. vor. Jahrhunderts, durch L. v. BUCH, HAUSMANN u. A. als ein besonderes Formationsglied vom Muschelkalk abgetrennt wurde. Unter der Bezeichnung „Trias" wurden die drei genannten Schichtenfolgen zuerst im Jahre 1834 durch den schwäbischen Forscher v. ALBERTI zusammengefasst[1]).

Die Triasformation ist in keinem anderen Lande Europas so verbreitet wie in Deutschland, wo sie von Lothringen und Luxemburg bis nach Oberschlesien und vom Juragebirge bis weit ins norddeutsche Flachland und nach Helgoland reichend, grössere Flächen als irgend eine andere Formation einnimmt. Auch die triassischen Schichten Englands schliessen sich, trotz des Fehlens des Muschelkalks, der deutschen Ausbildung an, und dasselbe gilt von der Trias des südlichen Schwedens und einiger anderer Gegenden. Die deutsche Entwickelungsform der Trias hat somit in Europa eine recht ansehnliche Verbreitung. Gehen wir aber zu anderen Kontinenten über, so finden wir dort nur in wenigen Gebieten, wie im östlichen Nordamerika, in Südafrika, Argentinien u. s. w. eine der „germanischen" einigermaassen ähnliche Ausbildung der Formation wieder; in allen übrigen Gegenden aber, wo triassische Bildungen bekannt sind, zeigen sie eine sehr abweichende, nämlich die in den Alpen herrschende Entwickelung. Diesen „alpinen" Typus treffen wir in ungeheurer Verbreitung im ganzen Mittelmeergebiete, im südlichen, östlichen und nördlichen Asien, im westlichen Nordamerika, in Mexico und Peru, ja sogar auf Neuseeland und anderen australischen Inseln. Dies ist also der maassgebende, normale Entwickelungstypus der Formation, während die deutsche Trias eine verhältnissmässig beschränkte Localfacies darstellt. Der Unterschied beider Entwickelungen ist sowohl ein petrographischer als ein paläontologischer. Abgesehen vom kalkig entwickelten Muschelkalk ist die deutsche Trias wesentlich aus sandigen oder thonig-sandigen Gesteinen zusammengesetzt; in England baut sie sich sogar fast lediglich aus solchen auf. In den Alpen dagegen spielen sandige Gesteine nur im Niveau des Buntsandsteins eine nennenswerthe Rolle, während sie höher aufwärts ganz gegen mächtige Kalksteine und Dolomite zurücktreten, und in

[1]) Beitrag zu einer Monographie des Bunten Sandsteins, Muschelkalkes und Keupers. — Derselbe Verfasser veröffentlichte später (1864) den „Ueberblick über die Trias".

Asien findet sich auch eine kalkige Vertretung des Buntsandsteins. Noch beträchtlicher ist die faunistische Verschiedenheit. In Deutschland schliesst allein der Muschelkalk eine etwas reichere Fauna ein, während der Keuper und der Bunte Sandstein äusserst versteinerungsarm sind. Aber selbst die Fauna unseres Muschelkalks ist arm im Vergleich mit den Faunen der gleichaltrigen Ablagerungen des Alpengebietes. Dies gilt namentlich für die hochseebewohnenden Cephalopoden, die in der deutschen Trias nur durch wenige Arten, in der alpinen aber mit einer ganzen Reihe reicher Faunen vertreten sind. Wir stehen hier offenbar ganz ähnlichen Verhältnissen gegenüber, wie wir sie bei unserem versteinerungsarmen Rothliegenden und Zechstein im Vergleich mit den versteinerungsreichen Permbildungen Siciliens, Indiens u. s. w. kennen gelernt haben. Wie wir in diesem Falle zum Schlusse gelangten, dass diese letzten Absätze des Weltmeeres, unser Zechstein dagegen eine Binnenmeer- und das Rothliegende eine Süsswasserbildung darstelle, so ist etwas Aehnliches auch für die beiden Entwickelungsformen der Trias anzunehmen: *die weit verbreitete alpine Trias bildet die normale, pelagische Facies der Formation, während die räumlich beschränkte deutsche Trias, soweit der Muschelkalk in Betracht kommt, eine Binnenmeerbildung, so weit es den Buntsandstein und Keuper betrifft, eine überwiegend festländische, und zwar theils eine brackisch-limnische, theils eine äolische Bildung darstellt.*

Diese Anschauung von der Bildungsweise unserer Trias ist zwar keineswegs die allgemein übliche; vielmehr haben bisher die meisten deutschen Geologen nicht nur für den Muschelkalk, sondern auch für den Keuper und Buntsandstein eine wesentlich marine Abkunft angenommen. Je weiter indess allmählich unsere Kenntniss von der Art der Sedimentation in den abflusslosen Gebieten der Erde fortschreitet, um so deutlicher ergiebt sich für den grössten Theil des Buntsandsteins und einen grossen Theil des Keupers die Unzulässigkeit ihrer Deutung als marine Bildungen. Die weite Verbreitung von Gyps, Salz und Steinsalzpseudomorphosen in den verschiedensten Niveaus beider Schichtenfolgen, ferner die so bezeichnende Rothfärbung der Sandsteine, Schieferthone und Letten, die grosse Häufigkeit der Triebsandstructur, Regentropfeneindrücke und Thierfährten auf den Schichtoberflächen, endlich das nahezu völlige Fehlen aller unzweifelhaften Meeresconchylien, alles das sind Thatsachen, die mit der Annahme einer marinen Entstehung der fraglichen Gesteine nicht in Einklang zu bringen sind, die sich dagegen bei Annahme einer festländischen und zwar in der Hauptsache äolischen Bildungsart recht gut erklären lassen. Das heisse trockene

Wüstenklima, das nach früheren Ausführungen in der Permzeit, insbesondere in der zweiten Hälfte der Zechsteinperiode, während der Bildung der unermesslichen Stein- und Kalisalzlager in unseren Gegenden geherrscht haben muss, hat auch während der Buntsandsteinzeit, ja bis in die Keuperzeit fortgedauert und bietet mit den sich daraus ergebenden Folgerungen den Schlüssel zum Verständniss der Eigenthümlichkeiten jener Schichtenreihen.

Die Ueberzeugung, dass unser Buntsandstein in der Hauptsache eine Wüstenbildung darstelle, hat denn auch im Laufe des letzten Jahrzehnts allmählich immer mehr an Boden gewonnen. Einer der Ersten, die dieser Ueberzeugung Ausdruck gegeben haben, ist J. G. BORNEMANN[1]). Fast um dieselbe Zeit hat JUKES-BROWNE[2]) die gleichen Anschauungen für den englischen Buntsandstein entwickelt. Später haben E. FRAAS[3]) und ganz neuerdings E. PHILIPPI[4]) ähnliche Ansichten für die Entstehungsweise mancher Keupergesteine, insbesondere der bunten Thone und Letten, geltend gemacht. Am allgemeinsten aber hat JOH. WALTHER in seinem ausgezeichneten neuen Buche über das Gesetz der Wüstenbildung[5]) die Frage nach der Bildung mächtiger, fossilarmer, rother, mit Triebsandstructur begabter Sandsteine der verschiedensten Formationen behandelt und dabei wiederholentlich auch unsere Triassandsteine berührt. Wir werden weiter unten, bei der Besprechung des Buntsandsteins etwas ausführlicher auf die Walther'schen Anschauungen zurückkommen.

Zur Erklärung des grossen Gegensatzes, der zwischen der germanischen und alpinen Trias besteht, hat GÜMBEL angenommen, dass beide Gebiete durch eine rückenförmige Landscheide, das „vindelicische Gebirge“, getrennt gewesen seien. Vom Centralplateau aus im Norden der heutigen Alpen bis zum böhmisch-bayerischen Grenzgebirge und wahrscheinlich darüber hinaus reichend, soll dies Gebirge durch die ganze mesozoische Zeit, ja bis in die Tertiärperiode hinein bestanden, und erst nach Ablagerung des Flysch infolge von Bodenbewegungen, die sich auch anderwärts geltend machten, verschwunden sein. Diese Annahme hat manches für sich; man darf indess nicht vergessen, dass nicht nur der Buntsandstein der Alpen stellenweise — so in der Gegend von Recoaro im Vicentinischen — dem deutschen sehr ähnlich werden kann, sondern dass auch nach neueren Arbeiten der deutsche Muschelkalk örtlich —

---

[1]) Ueb. d. Buntsandstein in Deutschland. Jena 1898.

[2]) The building of the Brit. Isles. London 1892, S. 180, 191, 197, 200.

[3]) Die Bildung der germ. Trias. Jahreshefte d. Ver. vaterl. Naturk. Württembergs 1899.

[4]) Centralbl. f. Mineral. etc. 1901, S. 463.

[5]) Berlin 1900.

so in Ligurien und in der Dobrudscha — in das Gebiet der alpinen Facies eingreift.

Obwohl es nach obigen Auseinandersetzungen die alpine Facies ist, welche die Normalentwickelung der Formation darstellt, so soll in Anbetracht dessen, dass die Kenntniss der Trias von Deutschland ausgegangen ist, zunächst die germanische Facies besprochen werden.

I. Die Continental- und Binnenfacies der Trias.

Die deutsche Trias.

Wie schon oben bemerkt, zerfallen die triassischen Bildungen Deutschlands in eine untere thonig-sandige Abtheilung, den Buntsandstein, eine mittlere kalkige, den Muschelkalk, und eine obere sandig-thonige, den Keuper[1]). Da diese drei Glieder nicht nur petrographisch, sondern im Allgemeinen auch paläontologisch scharf getrennt sind, so empfiehlt es sich sie gesondert zu betrachten. Vorher aber seien einige kurze Angaben über die Verbreitung und Literatur der deutschen Trias gemacht.

Auf die grosse Ausdehnung der Trias in Deutschland ist schon oben hingewiesen worden. Sie ist namentlich im mittleren und südlichen Deutschland, in Thüringen, Hessen, Franken, Schwaben und Lothringen überall die herrschende Formation. Aber auch in der südlichen Eifel und der Trier'schen Bucht, im Hannover'schen, Braunschweig'schen und Magdeburg'schen, ebenso wie in Nieder- und Oberschlesien, nimmt sie nicht unbeträchtliche Flächenräume ein. In kleinen, sich inselförmig aus dem Diluvium heraushebenden Massen ist sie ferner in der Mark (besonders bei Rüdersdorf unweit Berlin), bei Lüneburg u. s. w. entwickelt, und durch Bohrungen ist ihr Vorhandensein in der Tiefe auch bei Cottbus, Bromberg und in der Gegend von Stade und Wesel nachgewiesen. Das nördlichste deutsche Triasvorkommen (Buntsandstein und Muschelkalk) findet sich auf der Insel Helgoland[2]). Ausserhalb der Reichsgrenzen finden wir Ablagerungen der deutschen Trias einmal in Polen, wohin sie sich von Oberschlesien aus fortsetzt; dann überschreitet sie auch im Westen die Grenze Deutschlands, um einerseits am Rande des rheinischen Schiefergebirges bis ins Luxemburg'sche, andererseits am Westabfall der Vogesen nach Frankreich hineinzureichen. Weiter nach Westen zu sind auch in der Umgebung des französischen Centralplateaus rothe Triassandsteine

[1]) Die französischen Geologen bezeichnen den Buntsandstein als grès bigarré, den Muschelkalk mit dem deutschen Namen, den Keuper als marnes irisées.

[2]) W. Dames, Glieder. d. Flötzform. Helgolands. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1893.

bekannt, während Muschelkalk in germanischer Ausbildung bei Toulon in Ligurien, Sardinien und weit im Osten der genannten Gegenden in der Dobrudscha (Rumänien), deutscher Keuper endlich auch in der Provence, bei Barcelona, ja in Algerien entwickelt ist. Als äusserste Ausläufer unserer Trias wären schliesslich noch die kohlenführenden Schieferthone und Sandsteine des Keupers von Schonen (Südschweden) und der Insel Bornholm zu erwähnen.

Was die Literatur über die deutsche Trias betrifft, so ist die grundlegende Arbeit v. Alberti's bereits oben erwähnt worden. Seit jener Zeit hat sich eine grosse Zahl von Geologen mit dem Studium unserer Triasablagerungen beschäftigt. Unter den älteren Forschern nennen wir Quenstedt [1]), E. E. Schmid [2]), v. Strombeck [3]), Giebel [4]), Bornemann [5]), v. Seebach [6]), Nies [7]), Sandberger [8]), E. Weiss [9]) und H. Eck [10]); unter den neueren nur Schalch [11]), Nötling [12]), Blanckenhorn [13]), Carthaus [14]), Frantzen [15]), Leppla [16]), Thürach [17]), Schumacher [18]), Passarge [19]), Tornquist [20]),

---

1) Das Flötzgebirge Württembergs, 1843.

2) Schmid u. Schleiden, Die geogn. Verhältn. d. Saalthales bei Jena, 1846.

3) Beitr. z. Kenntn. d. Muschelkalkbild. im nordwestl. Deutschl. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1849.

4) Die Versteinerungen im Muschelkalke von Lieskau bei Halle, 1856.

5) Ueber d. organ. Reste der Lettenkohlengruppe Thüringens, 1856.

6) Die Conchylienfauna d. weimarischen Trias. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. 1862.

7) Beitr. z. Kenntn. d. Keupers im Steigerwalde, 1868.

8) Gliederung d. Würzburger Trias. Würzburg. naturw. Zeitschr. 1868. N. Jahrb. f. Min. 1868, S. 234, 362, 623.

9) Gliederung der Trias im Saarbrückenschen. N. Jahrb. f. Min. 1869, S. 215 u. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1869, S. 837.

10) Ueber d. Format. d. bunt. Sandsteins u. d. Muschelk. in Oberschlesien. Ebend. 1865. — Derselbe, Rüdersdorf u. Umgebung. Abhandl. z. geol. Specialkarte v. Preussen, 1872.

11) Beitr. z. Kenntn. d. Trias am südöstl. Schwarzwalde, 1873.

12) Die Entwickelung d. Trias Niederschlesiens. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1880.

13) Die Trias am Nordrande der Eifel. Abhandl. z. geol. Specialkarte von Preussen, 1885.

14) Triasform. nördl. Westfalen. Dissert. Würzburg 1886.

15) Glieder. d. unter. Muschelk. in Thüringen u. Hessen. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1887.

16) Buntsandstein im Haardtgebirge. Geogn. Jahreshefte. Cassel 1888.

17) Glieder. d. Keupers im nördl. Franken. Geogn. Jahresh. 1888.

18) Unt. Muschelk. nordöstl. Deutsch-Lothringen. Mitth. d. geol. Landesanst. Els.-Lothr. 1889.

19) D. Röth im östl. Thüringen. Dissert. Jena 1891.

20) D. Gypskeuper v. Göttingen. Dissert. Göttingen 1892.

R. Wagner[1]). Von besonderer Bedeutung für die genauere Kenntniss unserer Trias sind auch die von Gümbel[2]) in Bayern und von F. Roemer[3]) in Oberschlesien, namentlich aber die neuen, in Preussen[4]), Elsass-Lothringen[5]), Baden u. s. w. für die geologische Specialkarte ausgeführten Arbeiten geworden. Dank ihnen besitzen wir jetzt eine so genaue Kenntniss der Zusammensetzung dieser Ablagerungen in den verschiedensten Gegenden Deutschlands, wie von keiner anderen Formation.

1. Der Bunte Sandstein.

Wie schon der Name besagt, setzt sich die im Ganzen 200—550 m mächtige Schichtengruppe aus buntfarbigen, und zwar ganz überwiegend rothen, durch Eisenoxyd gefärbten Sandsteinen, Sandsteinschiefern und Schieferletten zusammen, zu denen örtlich noch Conglomerate hinzukommen. In der oberen Abtheilung der Schichtenfolge, im Röth, gesellen sich zu den Sandsteinen und Schieferthonen noch bunte, kalkige, Gyps und Steinsalz führende Mergel; und hier treten in der Regel auch muschelführende Kalk- oder Dolomitbänke auf, welche im Uebrigen dem Buntsandstein fehlen.

Die festeren Bänke des Buntsandsteins liefern ein vortreffliches Baumaterial, das überall in zahlreichen Steinbrüchen gewonnen wird. Die gröberen Sandsteine werden besonders zu Bau- und Mühlsteinen benutzt, während sich die feineren — wie unsere mittelalterlichen Dome und Schlösser am Rhein und in Süddeutschland zeigen — auch in hohem Grade zu bildnerischen Arbeiten eignen.

Im nördlichen und mittleren Deutschland, am Harz, in Thüringen, Hessen u. s. w. folgt der bunte Sandstein überall mit völlig gleichförmiger Lagerung über dem Zechstein. Ja die Verbindung zwischen den obersten Zechsteinletten und den untersten thonigen Schichten des Buntsandsteins ist meist so innig, dass die Trennung beider sehr schwierig

[1]) Beitr. z. Kenntn. d. Muschelkalks bei Jena. Abh. d. preuss. geol. Landesanstalt 1897.

[2]) Die geogn. Verhältn. des fränkischen Triasgebietes. Bavaria, IV, 11, 1865. — Geogn. Beschreib. d. Fichtelgebirges, 1879.

[3]) Geol. von Oberschlesien, 1870.

[4]) Vergl. die Erläuterungen zu den auf Thüringen, die Umgebung des Harzes, die Saargegend u. s. w. bezüglichen Blättern der preuss. geol. Specialkarte, sowie zahlreiche, die Trias behandelnde Aufsätze im Jahrbuche der preuss. geologischen Landesanst.

[5]) Erläuterungen z. geol. Uebersichtskarte von Deutsch-Lothringen; dessgl. z. Uebersichtskarte der südl. Hälfte des Grossherzogth. Luxemburg. Herausgeg. von der geol. Landesuntersuchung von Elsass-Lothringen, 1887. — Vergl. ferner Benecke, Ueb. die Trias in Elsass-Lothringen u. Luxemburg. Abh. z. Specialkarte etc. 1877.

und bis zu einem gewissen Grade willkürlich ist. Anders ist es im südwestlichen und westlichen Deutschland, in der Eifel, im Schwarz- und Odenwalde und in den Vogesen, wo das Auftreten des Buntsandsteins vielfach mit einer deutlichen Transgression zusammenfällt, infolge deren er oft unmittelbar auf viel älteren Gesteinen aufruht. So am Oden- und Schwarzwald auf krystallinen Schiefern, so bei Saarbrücken auf Rothliegendem oder Kohlengebirge. Da diese transgredierenden Vorgänge die ganze Buntsandsteinzeit über angedauert haben, so fehlt in den genannten Gegenden vielfach der untere, oder auch der untere nebst dem mittleren Buntsandstein.

Wesentlich auf Grund petrographischer Unterschiede wird der Bunte Sandstein in ganz Deutschland in drei Abtheilungen gegliedert, nämlich 1. den unteren Buntsandstein, 2. den mittleren oder Hauptbuntsandstein und 3. den oberen Buntsandstein oder Röth.

Der untere Buntsandstein besteht aus einer über 100 m mächtig werdenden Folge rother, grünlicher, gelblicher, weisslicher oder gefleckter, feinkörniger, feinglimmeriger, thoniger Sandsteine, Sandsteinschiefer und Schieferletten. Das thonige Bindemittel der Sandsteine ist mitunter im Wesentlichen Kaolin. So besonders auf der Süd- und Nordseite des Thüringerwaldes (Steinheide, Schmiedefeld, Tabarz, Elgersburg) und in der Provinz Sachsen (Weissenfels), wo diese kaolinreichen Sandsteine eine alte Porcellandarstellung hervorgerufen haben. Feste, als Baumaterial verwerthbare Sandsteine treten im unteren Buntsandstein in Mitteldeutschland nur ganz untergeordnet, in Süddeutschland dagegen in ziemlicher Mächtigkeit auf. Sehr bezeichnend sind allenthalben in den hierhergehörigen Sandsteinen rundliche oder auch eckige Einschlüsse von dunkelrothem Letten, sogen. Thongallen. Eine andere äusserst charakteristische, aber auf das Gebiet im Norden, Osten und Südosten des Harzes beschränkte, ausserdem nur noch bei Rüdersdorf (unweit Berlin) bekannte Bildung im unteren Buntsandsteine sind die Rogensteine, eigenthümliche oolithische, mehr oder weniger dolomitische Kalksandsteine, welche bald nur in einzelnen Bänken, bald (wie bei Bernburg, Artern, Sangerhausen) in mächtigen Lagerzonen auftreten (vergl. das Profil Fig. 58) und die Hauptveranlassung für die in den 60er Jahren von Beyrich, Eck u. A. zuerst am Südharze durchgeführte Trennung von unterem und mittlerem Buntsandstein gewesen sind. Wellenfurchen, Trocknungsrisse und Regentropfeneindrücke sind im unteren Buntsandstein besonders verbreitet; Conglomerate dagegen fehlen hier so gut wie gänzlich. Auf der Westseite des Thüringerwaldes, im östlichen Hessen sowie am Spessart besteht die tiefste, unmittelbar über dem Zechstein liegende Zone aus dunkelrothen, krümelig-bröckeligen Letten, den sogen. Bröckelschiefern.

Auf der linken Rheinseite, in der Eifel, im Saargebiet und im Reichsland fehlt der untere Buntsandstein anscheinend gänzlich.

Versteinerungen sind im unteren Buntsandstein überall sehr selten. In der Gegend von Halle und anderweitig sind gewisse Schichten mit Abdrücken des kleinen Phyllopoden *Estheria minuta* erfüllt (sogen. Estherien-Schiefer im oberen Theile des unteren Buntsandsteins); in Hessen ist stellenweise an der obersten Grenze der Stufe ein auch in den mittleren Buntsandstein aufsteigendes Fossil, die kleine, meist schlecht erhaltene *Gervilleia Murchisoni* Gein. (**37**, 4) nicht selten. Aus Oberschlesien führt Eck *Lingula tenuissima* und *Pecten* sp. auf.

Der mittlere oder Hauptbuntsandstein stellt eine bis 300 m mächtig werdende Folge grobkörniger, an Bindemittel mehr oder weniger armer Quarzsandsteine dar. In manchen Gegenden Hessens

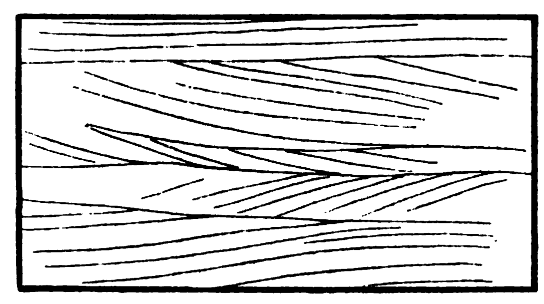


Fig. 56. Kreuzschichtung im mittleren Buntsandstein. Spiegelslust bei Marburg ($^1/_{15}$—$^1/_{20}$ d. n. Gr.).

(bei Marburg, Treysa) kann das Cement so zurücktreten, dass die schon an und für sich mürben bis zerreiblichen Sandsteine in Berührung mit der Luft vielfach zu losem Sand zerfallen. Conglomerate können in allen Horizonten des mittleren Buntsandsteins auftreten, spielen indess gewöhnlich nur eine untergeordnete Rolle. Schieferletten und Sandsteinschiefer fehlen zwar nirgends zwischen den massigen Sandsteinbänken, treten aber im Ganzen sehr gegen diese letzten zurück. Eine sehr verbreitete Erscheinung ist namentlich in dieser Abtheilung des Bunten Sandsteins in ganz Deutschland die discordante oder Kreuzschichtung (Fig. 55), und auch Wellenfurchen sind nicht selten. Im oberen Niveau, an der Grenze gegen den Röth, enthalten die hier meist hellfarbigen, feinkörnigen Sandsteine in Thüringen, einem Theile von Hessen und Franken, am Spessart und Odenwald (besonders bei Hildburghausen, Jena, Karlshafen a. d. Weser, Kissingen u. s. w.) die als *Chirotherium*-Fährten bekannten Fussspuren von Amphibien, wahrscheinlich Stegocephalen (**37**, 2).

In den Vogesen entspricht dem Hauptbuntsandstein der mächtige

blassrothe, schon lange als Vogesensandstein (Grès des Vosges, Voltz) bezeichnete Sandstein. Er schliesst nach oben mit einer 10 bis 20 m mächtigen, weitverbreiteten, aus Geröllen von Quarz, Quarzit, Kieselschiefer u. s. w. bestehenden, zur Bildung senkrechter Wände neigenden Conglomeratbildung, dem sogen. Hauptconglomerat. Da der untere Buntsandstein in dieser Gegend fehlt, so bildet der Vogesensandstein das tiefste, unmittelbar auf Rothliegendem oder noch älteren Gesteinen aufliegende Glied des Bunten Sandsteins.

Ausser den erwähnten Kriechspuren enthält der mittlere Buntsandstein kaum andere Versteinerungen als Labyrinthodontenreste. Namentlich bei Bernburg schliesst er zahlreiche Ueberbleibsel von solchen, besonders wohlerhaltene Schädel von *Trematosaurus Brauni* Burm. ein.

Der obere Buntsandstein oder das einige 20—150 m mächtige Röth setzt sich wesentlich aus bunten Letten oder Mergeln zusammen, die namentlich in Thüringen zahlreiche Gypsstöcke einschliessen. Der mittlere Theil des Röths enthält in Hessen und Thüringen als häufige Erscheinung dünne Bänkchen von hellfarbigem quarzitischem Sandstein, der untere und obere Theil dagegen in Thüringen dolomitische Kalkbänke, die dadurch wichtig sind, dass sie die einzige nennenswerthe Fauna des Buntsandsteins einschliessen. Ausser den schlangenförmig gewundenen Wülsten des jetzt als Hornschwamm gedeuteten *Rhizocorallium jenense* findet sich hier als wichtigstes, fast durch ganz Deutschland verbreitetes Leitfossil *Myophoria costata* (**37**, 3), ferner *M. vulgaris, ovata* u. a., *Gervilleia socialis* und *costata*, *Modiola triquetra*, *Monotis Albertii*, *Myacites mactroides*, *Myoconcha gastrochaena* und *Thielaui*, *Pecten discites*, *Lingula tenuissima* (**37**, 5) und andere Muschelkalkarten. Von besonderem Interesse, aber nur örtlich (wie besonders bei Jena) etwas häufiger ist ein Ammonit, *Beneckeia tenuis*, der Vorläufer von *B. Buchi* aus dem unteren Muschelkalk.

Für das Röth Ostthüringens hat Passarge[1]) folgende Gliederung aufgestellt:

Oberes Röth, ohne quarzitische Einlagerungen. Oben graugrüne Mergel mit versteinerungsreichen Dolomiten (bes. *Myoph. vulgaris*), unten rothe Mergel mit Fasergyps, Gypsschiefer und Sandstein.

Mittleres Röth. Versteinerungsarme rothe Mergel mit grünl. Quarzitbänken und mehreren Knollengyps-Horizonten.

- b) Rothe Mergel mit Knollengyps und den charakteristischen Quarziteinlagerungen.
- a) Rothe Mergel mit vielem Sandsteinschiefer und vereinzelten grünen Mergelschichten, Gypsmergel und Gypsschiefer.

Unteres Röth.

- b) Grüne Mergel mit fossilreichen Dolomitbänken mit *Beneckeia tenuis* etc.

---

[1]) a. a. O.



Die oberste Bank stellt den sogen. *Rhizocorallium*-Dolomit dar.

a) Fossilleere, bis 20 m mächtige Gypse.

Diese Dreigliederung hat auch für die Gegend von Eisleben und Halle, das ganze Thüringer Becken und die Gegend südlich vom Thüringerwalde Gültigkeit. In Hessen dagegen scheint das untere Röth zu fehlen.

In Lothringen, im Saargebiet und in der Eifel bestehen die gleichaltrigen Schichten vorherrschend aus feinkörnigen, glimmerig-thonigen Sandsteinen mit zahlreichen Pflanzenresten, dem sogen. Voltzien-Sandstein (vergl. Profil Fig. 57). Die verbreitetste Pflanze ist die Abietide *Voltzia heterophylla* (37, 1), daneben treten *Equisetum Mougeoti*, *Schizoneura paradoxa*, *Anomopteris*- und *Caulopteris*-Arten u. s. w. auf[1]). Bei Commern in der Eifel tritt neben diesen Pflanzen als interessanter Nachzügler des Paläozoicums noch eine *Sigillaria* (*oculina*) auf.

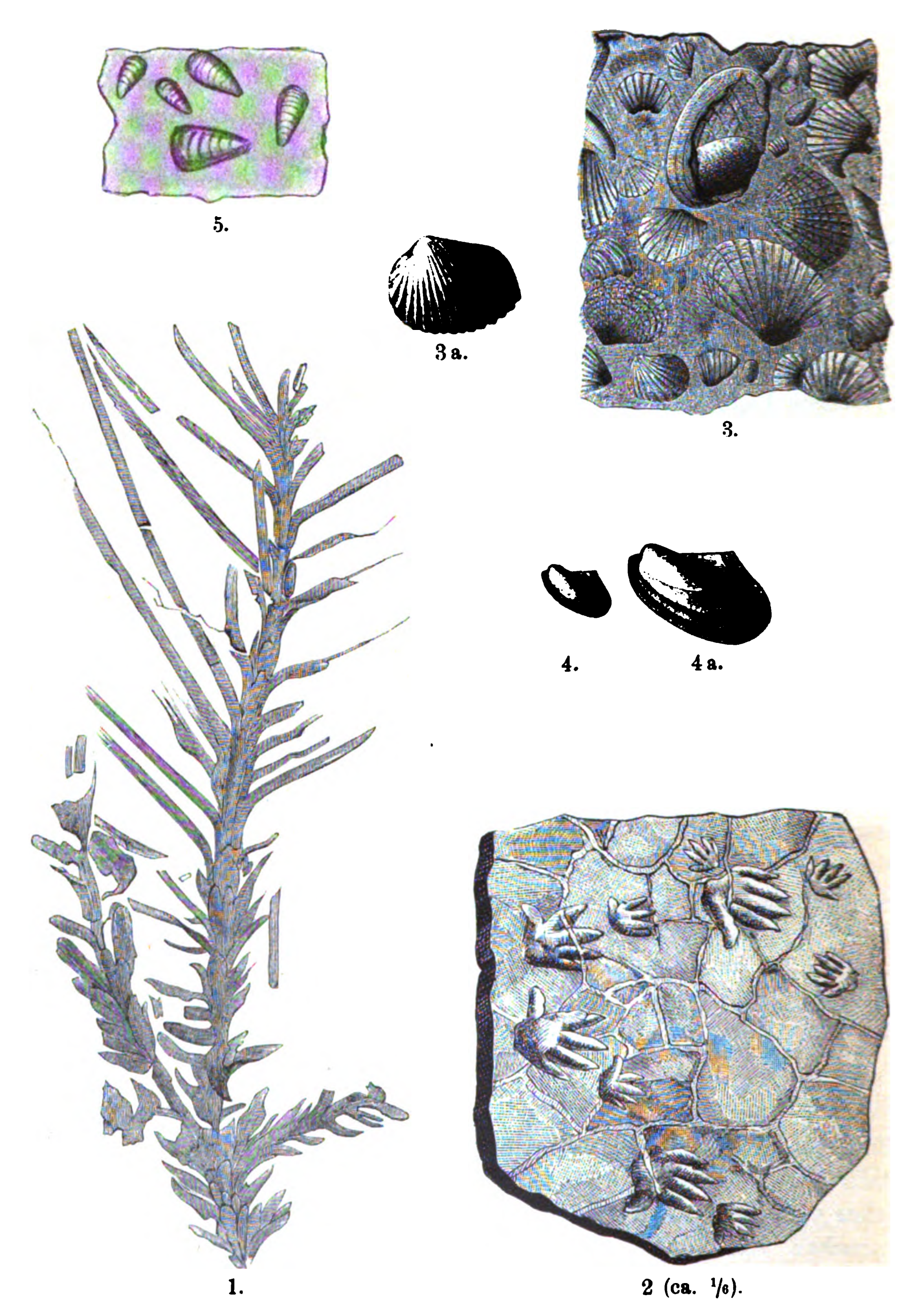
Unter dem eigentlichen Voltziensandstein liegt in Lothringen, in den Vogesen, im Schwarzwald und in der Haardt eine 20 bis gegen 100 m starke Folge von festen, grobkörnigen, dunkelrothen Sandsteinen, die sogen. Zwischenschichten der Strassburger Geologen. Ihre unterste, der Basis des Röths entsprechende, in der Regel nur einige Meter mächtige Zone, die sogen. Karneolbank, ist durch Knollen und Schnüre von Karneol und Dolomit ausgezeichnet.

Am Südrande der Ardennen und in der Eifel treten als eine von der sonstigen Entwickelung des Röths sehr abweichende Uferbildung mächtige, grobe Conglomerate auf. Als eine interessante Erscheinung dieser Gegend ist das Vorkommen von Bleiglanz in Körnern und kleinen Knollen im oberen Buntsandstein von Mechernich und Commern in der nördlichen Eifel und in beschränkterem Maasse auch bei St. Avold in Lothringen zu erwähnen. Am erstgenannten Orte hat dieses merkwürdige Vorkommen (das sogen. Knottenerz) einen wichtigen, schon von den alten Römern betriebenen Bleierzbergbau ins Leben gerufen.

Während das Röth nach seiner Fauna als Absatz eines flachen Binnenmeeres betrachtet werden muss, ist u. E. der übrige Buntsandstein aus den früher (S. 275) angeführten Gründen als festländisches, äolisches Gebilde anzusehen. Die Conglomeratlager des Hauptbuntsandsteins sprechen nicht gegen eine solche Entstehung; denn wir wissen, dass in manchen Wüsten von Zeit zu Zeit bei Wolkenbrüchen von Thalschluchten aus ungeheure Massen von Verwitterungsschutt über

[1]) Schimper u. Mougeot, Monogr. des plantes foss. du grès bigarré des Vosges, 1844.





Taf. 37. Versteinerungen des Buntsandsteins. 1. *Voltzia heterophylla* Brongn. 2. *Chirotherium*-Fährten (stark verklein.). 3. Gesteinsstück mit Steinkernen und Abdrücken von *Myophoria costata* Zenk. 3 a. Dieselbe Art. 4. *Gervilleia Murchisoni* Gein. 4 a. Vergr. 5. Gesteinsstück mit *Lingula tenuissima* Bronn.

weite Flächen des Sandmeeres ausgebreitet werden. Auch die von manchen Geologen mit einer äolischen Bildungsweise als unvereinbar betrachteten thonigen Zwischenschichten des unteren Buntsandsteins sind kein Beweis gegen unsere Anschauung. Denn Joh. Walther hat in seinem oben genannten Werke gezeigt, dass thonige Einlagerungen in den Triebsandablagerungen des Transkaspisees eine ganz häufige Erscheinung sind. Sie erklären sich ebenfalls aus zeitweise eintretenden Ueberschwemmungen, durch welche die zahlreichen wannenförmigen Senken jenes Gebietes in weite, flache, gewöhnlich salzige Seen verwandelt werden. Bei ihrer Austrocknung bleibt eine Thonschicht zurück, die alsbald wieder von Triebsand bedeckt wird. „Fast alle Vertiefungen, die langgestreckten thalähnlichen Schori der Turkmenen ebenso wie die breiten Flächen der Takyrböden, sind mit einer Thonschicht überzogen, die hart wie eine Tenne und in der Regel von Trockenrissen polygonal durchschnitten, ein völlig horizontales Parkett bildet. Ist die Thonschicht nur 1—2 cm mächtig, so krümmen sich die eintrocknenden Platten wie Hobelspäne zusammen und werden leicht ein Spiel des Windes, der sie zwischen den Sanddünen dahintreibt und in den Sand einbettet. Wird dann im Winter der Sand feucht, so sinkt die Thonrolle erweicht zusammen und erscheint als breitgedrückte Thongalle dem Sande eingeschaltet“ (a. a. O. S. 128).

Derartige nur zeitweilig bestehende Trockenseen besitzen eine artenarme, aber oft individuenreiche Fauna. Infolge des Salzgehaltes des Wassers finden verschleppte Meeresthiere in solchen Seen oft ziemlich günstige Lebensbedingungen. Ganz frei von Organismen sind derartige Wasseransammlungen selten; selbst die vergänglichsten Tümpel der ägyptischen Wüste werden durch Schaaren von kleinen Schalenkrebschen (*Cypris* u. a.) belebt. Die flachen Uferränder der fraglichen Becken aber weisen alle die Erscheinungen auf, die der Geologe als charakteristisch für marine Strandbildungen zu betrachten gewohnt ist: Kreuzschichtung bezw. Triebsandstructur, Wellenfurchung, Fährten von Vögeln und sonstigen vorübergehenden oder ständigen Gästen der Wüstenseen, Trocknungsrisse u. s. w., während der Salzgehalt des verdunstenden Wassers zur Abscheidung von Kochsalzwürfeln Veranlassung giebt (wie man sie an den Ufern des Todten Meeres und anderwärts beobachtet hat).

Die für unsere Triassandsteine so bezeichnende lebhaft rothe Färbung vieler Gesteine ist ebenfalls in manchen heutigen Wüstengebieten, so besonders in Centralarabien, an der Küste von Koromandel, in Südafrika, Australien u. s. w. bekannt. Sie wird bedingt durch eine dünne, jedes Sandkorn umgebende Hülle von Eisenoxyd, die sich daraus erklärt, dass die unter Mitwirkung von Alkalien gelösten Eisensalze bei der starken Erhitzung des Wüstensandes als Oxydrinde um die einzelnen Körner

herum ausgeschieden werden. Auf alle Fälle weisen die rothen und sonstigen lebhaften Farben des Buntsandsteins und Keupers nach WALTHER auf einen Mangel an reducirenden Humusstoffen, d. h. auf ein trockenes Wüstenklima und damit zusammenhängende Vegetationsarmuth hin.

2. Der Muschelkalk.

Im Gegensatz zum Bunten Sandstein und Keuper bildet der Muschelkalk eine wesentlich kalkige Schichtenfolge. Im Ganzen 250—350 m mächtig, besteht er im unteren und im oberen Theile aus meist dünnschichtigen, hellgrauen Kalksteinen mit zwischengeschalteten grünlichgrauen Mergeln, im mittleren Theile dagegen aus gyps- und salzführenden Mergeln und Dolomiten. Nur am äussersten Westrande seiner Verbreitung, in einer von der kölnischen Rheinbucht bis in die Reichslande reichenden Zone, wird der untere Theil des Muschelkalks durch sandige Gesteine, den sogen. Muschelsandstein, vertreten.

Die Versteinerungen des Muschelkalks sind nie gleichmässig durch die ganze Schichtenfolge vertheilt, vielmehr gewöhnlich an bestimmte Bänke gebunden, in denen sie, wenn auch meist nur mit wenigen Arten, so doch oft in solcher Häufung auftreten, dass der Name „Muschelkalk" ganz gerechtfertigt erscheint.

Im Ganzen muss die Fauna des Muschelkalks als arm bezeichnet werden; denn trotz ihrer langen und vielfältigen Erforschung beträgt die Gesammtzahl der bekannten Arten wenig mehr als ein paar Hundert. Neben Zweischalern setzt sie sich besonders aus Schnecken und einigen zum Theil massenhaft auftretenden Crinoiden zusammen, während die Cephalopoden und Brachiopoden sehr zurücktreten und andere Thiergruppen, wie Seeigel, Korallen und Spongien, äusserst spärlich oder kaum vertreten sind. Die Fauna trägt so in ausgesprochener Weise den Stempel einer verarmten Binnenmeerfauna nach Art derjenigen der Ostsee oder des Schwarzen Meeres, welch' letztem sogar alle Cephalopoden, Brachiopoden, Seeigel und Korallen sowie die grossen, reich verzierten Gastropoden des Mittelmeeres gänzlich fehlen.

In seiner Verbreitung steht der Muschelkalk zwar dem Buntsandstein nach; immerhin nimmt er namentlich in Thüringen, Franken, Schwaben und Lothringen recht erhebliche Flächen ein, und auch im Norden und Nordwesten des Harzes und in Schlesien spielt er eine nicht unbeträchtliche Rolle. Sein nördlichstes Vorkommen liegt auf Helgoland. Von Lothringen aus reicht er im Westen und Süden der Vogesen bis in das Département du Jura hinein. Auch am Morvan, im Nordosten des französischen Centralplateaus, kann er noch in Gestalt

wenig mächtiger grauer, zwischen Voltziensandstein und Keuper eingeschalteter Kalksteine und Dolomite wiedererkannt werden. Weiter nach Westen zu aber ist er, wenigstens in kalkiger Gestalt, ebensowenig bekannt als in England. Dagegen tritt in der Gegend von Toulon und Montpellier ächter Muschelkalk mit den leitenden Ceratiten der Nodosenschichten auf, und auch in Spanien sowie bei Savona und auf Sardinien sind in neuester Zeit Gesteine und Versteinerungen des deutschen Muschelkalks bekannt geworden. Nicht minder interessant ist das Vorkommen von *Cer. nodosus* bei Krakau und von *Cer. Münsteri* in der Dobrudscha[1]).

In ganz Deutschland zerfällt der Muschelkalk in drei Abtheilungen, nämlich: 1. den unteren Muschelkalk oder Wellenkalk, 2. den mittleren Muschelkalk oder die Anhydritgruppe v. ALBERTI's und 3. den oberen Muschelkalk (Hauptmuschelkalk QUENSTEDT's, Friedrichshaller Kalk v. ALBERTI's).

In dieser Zusammensetzung spiegeln sich deutlich die Bodenbewegungen ab, die unsere Gegenden damals betroffen haben. Das Meer, welches mit Beginn des Röth das germanische Gebiet überfluthet hatte, vertiefte sich vom Wellenkalk ab immer mehr. Mit Beginn der Anhydritgruppe aber trat eine rasche Verflachung ein, die erst zu Anfang der oberen Muschelkalkzeit durch eine Wiedervertiefung abgelöst wurde, welche ihren Höhepunkt in der Nodosenzeit erreichte. Diese mit dem Muschelkalk einsetzende continentale Senkung erklärt das Auftreten von Wellenkalk bei Sierck in Lothringen unmittelbar auf Devon, am Südende des Schwarzwaldes unmittelbar auf Gneiss und Glimmerschiefer.

Die allgemeine Zusammensetzung und der organische Inhalt des Muschelkalks bleiben sich in ganz Deutschland auffallend ähnlich. Immerhin könnte man eine norddeutsche von einer süddeutsch-schweizerischen Facies unterscheiden. Diese letzte ist besonders dadurch ausgezeichnet, dass über den *Semipartitus*-Schichten des oberen Muschelkalks noch eine durch *Trigonodus Sandbergeri* (**38**, 6) charakterisirte Zone (die sogen. *Trigonodus*-Schichten) entwickelt ist.

Der **untere Muschelkalk** oder **Wellenkalk** besteht aus dünn und wellig geschichteten, etwas mergeligen Kalksteinen mit fältelig-runzeliger Oberfläche. In den tiefsten Lagen treten vielfach gelbe, ockerige, dolomitische Bänke, der sogen. Wellendolomit auf. Darüber folgt der untere Wellenkalk mit Bänken voll *Natica* (*Turbo*) *gregaria* und *Dentalium torquatum*. Der obere Wellenkalk ist durch Einlagerungen von Schaumkalk ausgezeichnet, einem gelblichgrauen, porösen, durch Auslaugung oolithischer Schichten entstandenen Kalkstein. Dieses ebenso leicht zu bearbeitende als dauerhafte und daher

[1]) TORNQUIST, N. Jahrb. f. Min. 1900, I, 173. Centralbl. f. Min. 1901, 385.



einen sehr geschätzten Werkstein liefernde Gestein tritt theils in einzelnen stärkeren Bänken, theils in mächtigeren Lagerzonen auf. In Thüringen lassen sich meist zwei Hauptschaumkalkzonen unterscheiden, die durch einige 20 m Wellenkalk getrennt werden. Die untere dieser Zonen entspricht dem, was E. SCHMID bei Jena als Terebratulakalk (nach den darin oft massenhaft angehäuften Schalen von *T. vulgaris* [38, 7]) bezeichnet hat. Den Schluss des unteren Muschelkalks bilden mit Tausenden von Exemplaren von *Myophoria orbicularis* bedeckte Wellenkalkschichten, die sogen. *Orbicularis*-Platten.

Der untere Muschelkalk Elsass-Lothringens, der Saar- und Moselgegend und der nördlichen Eifel ist, wie zuerst E. WEISS für das Saargebiet zeigte, nicht wie gewöhnlich aus Wellenkalk, sondern aus mürben graubraunen, gelblichen oder röthlichen, dolomitisch-mergeligen Sandsteinen zusammengesetzt. Nur die Schichten mit *Myoph. orbicularis* bestehen wenigstens stellenweise noch aus Kalken. Früher betrachtete man die Sandsteine allgemein als Röth, bis WEISS durch Auffindung der gewöhnlichen Muschelkalkfossilien nachwies, dass hier nur eine abweichende sandige Facies des unteren Muschelkalks, sogen. Muschelsandstein vorliege (vergl. S. 297, Fig. 57). Auch in der Gegend von Baireuth findet sich nach GÜMBEL eine ähnliche sandige Ausbildung des unteren Wellenkalks wieder.

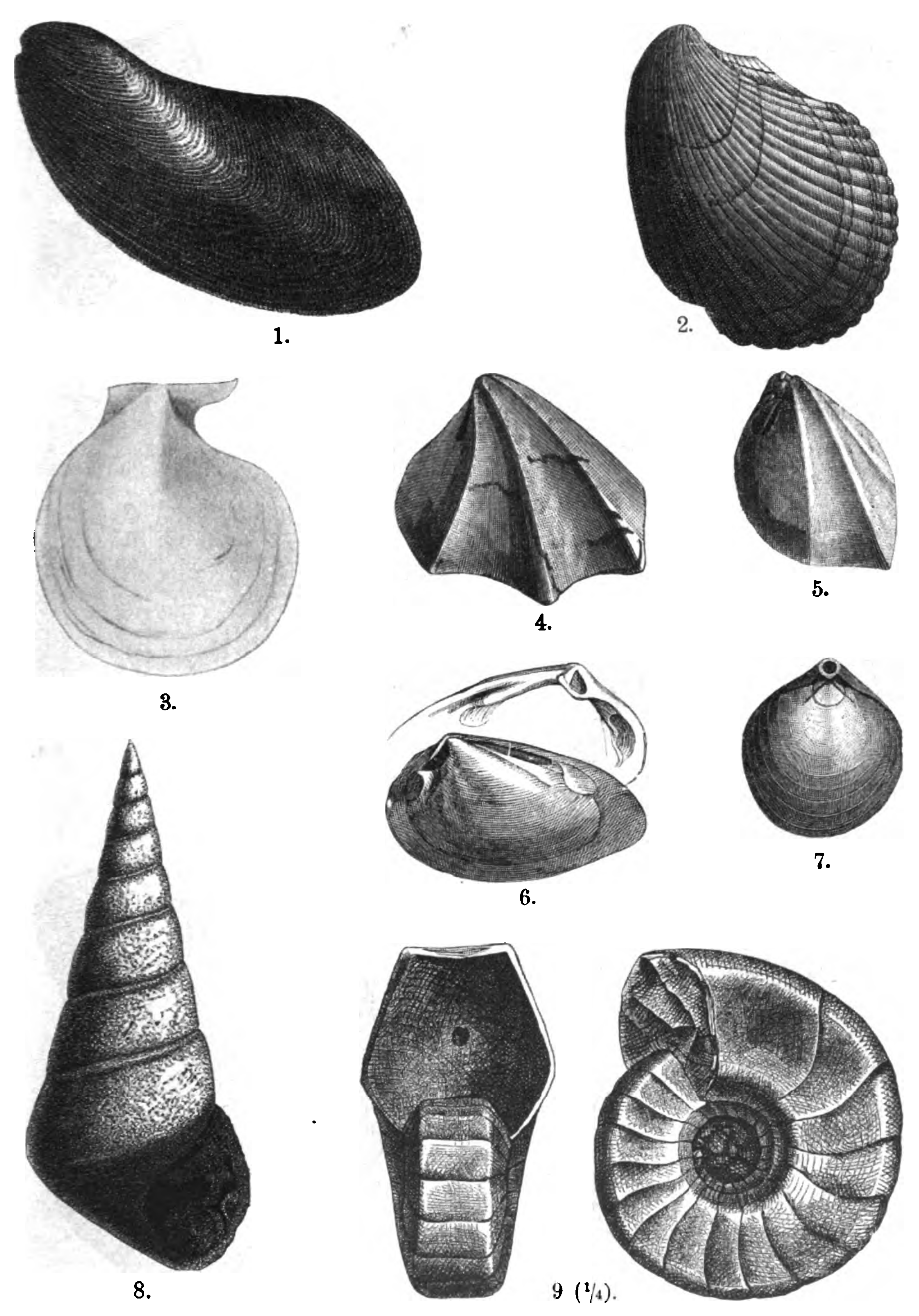
Paläontologisch ist der untere Wellenkalk durch *Terebr. vulgaris* (38, 7), *Gervilleia costata* und *vulgaris* (38, 1), *Myoph. vulgaris* (38, 5), *laevigata, ovata, cardissoides* u. a., *Pecten discites* (40, 3) und *laevigatus* (38, 3) *Lima lineata*, *Nucula Goldfussi*, *Pseudomelania scalata* (38, 8) und viele andere Arten, besonders aber durch einige Ammoniten, nämlich *Beneckeia Buchi* (39, 4) und die viel selteneren *Hungarites Strombecki, Balatonites? Ottonis* u. a. ausgezeichnet.

Der obere, schaumkalkführende Wellenkalk, eine der versteinerungsreichsten Abtheilungen des ganzen Muschelkalks, enthält neben *Myophoria vulgaris* (38, 5), *cardissoides*, *elegans* u. a. (39, 6), *Gervill. costata, Monotis Albertii* (40, 4), *Pecten discites* und *laevigatus, Placunopsis complicata* (39, 7) u. a., *Lima striata* (38, 2) und *lineata, Macrodon Beyrichi, Nucula Goldfussi, Spiriferina fragilis* (42, 9) und *hirsuta, Terebratula vulgaris* (38, 7) und zahlreichen sonstigen Arten noch einige allerdings seltene Ammoniten, wie *Ptychites dux, Ceratites trinodosus* [1]), *Cerat.? antecedens* und *sondershusanus, Beneckeia cognata, Balatonites spinosus*, sowie besondere *Encrinus*-Arten (*E. Carnalli, Brahli*).

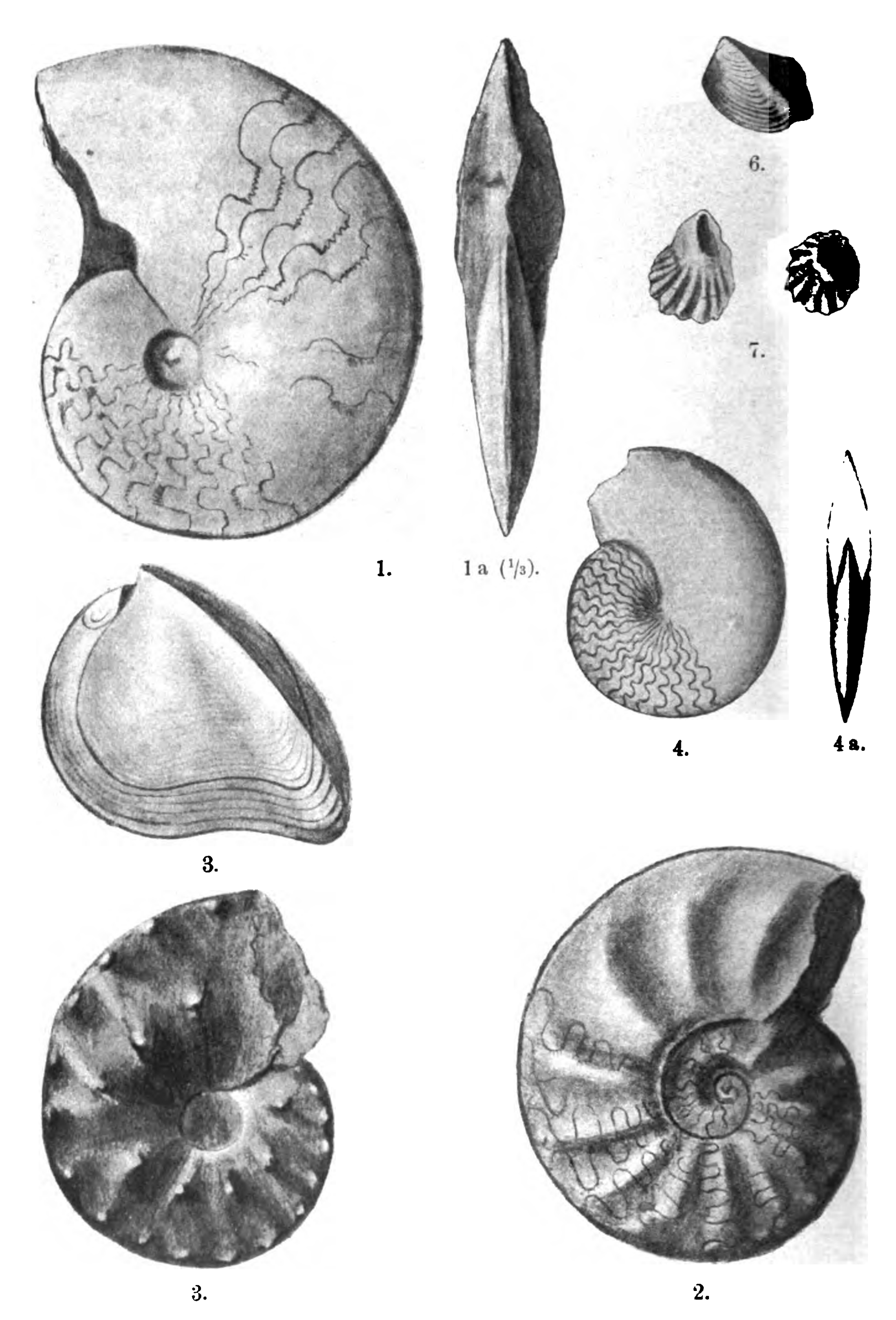
---

[1]) Diese wichtige Species des alpinen Muschelkalks ist in einem Exemplar auch bei Rüdersdorf bekannt geworden.

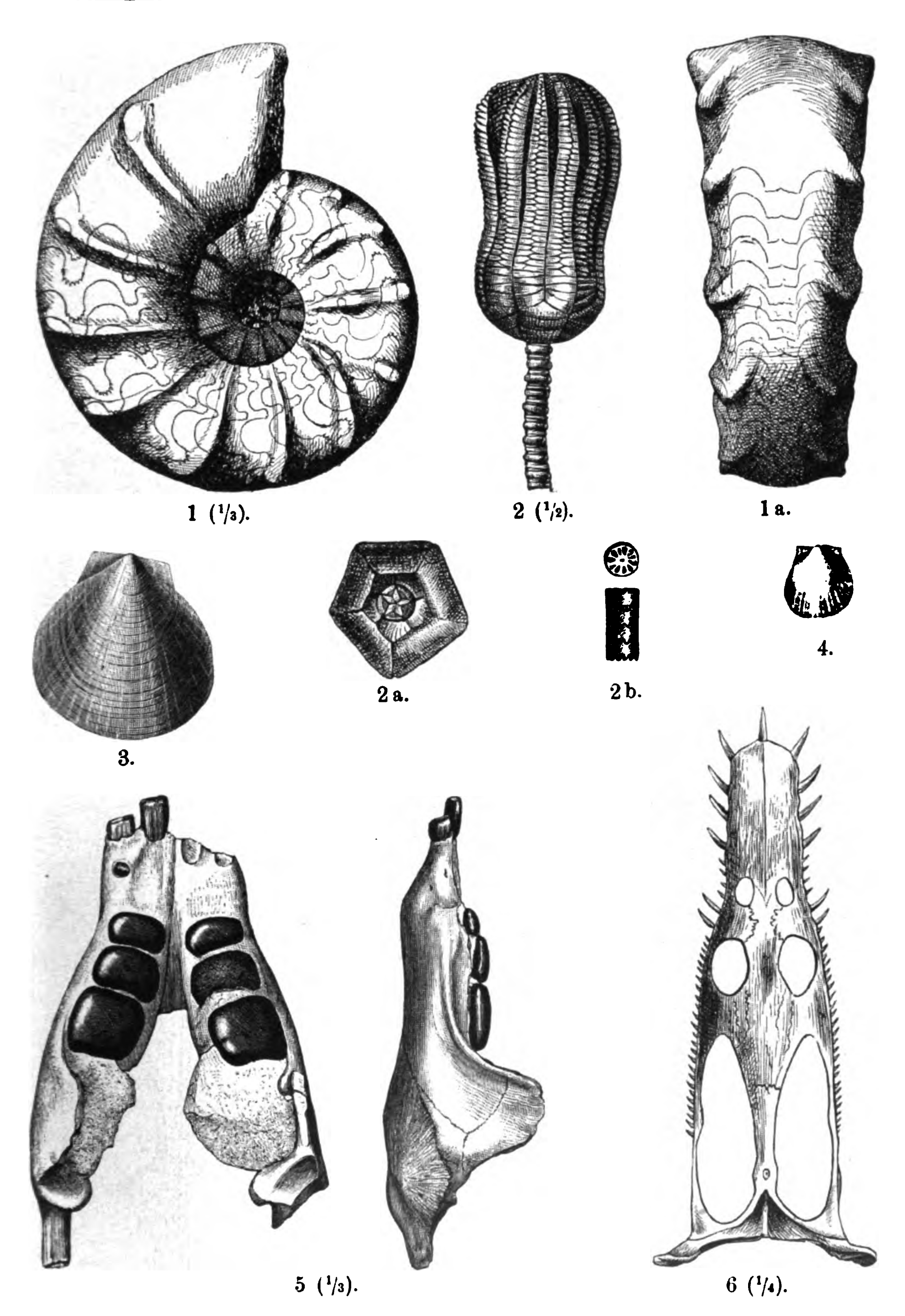




Taf. 38. Versteinerungen des Muschelkalks. 1. *Gervilleia socialis* SCHLOTH. 2. *Lima striata* SCHL. 3. *Pecten laevigatus* SCHL. 4. *Myophoria pes anseris* SCHL. 5. *Myophoria vulgaris* SCHL. 6. *Trigonodus Sandbergeri* v. ALB. 7. *Terebratula (Coenothyris) vulgaris* SCHL. 8. *Pseudomelania (Chemnitzia) scalata* SCHL. 9. *Nautilus bidorsatus* SCHL.



Taf. 39. Versteinerungen des Muschelkalks. 1, 1 a. ***Ceratites semipartitus*** Montf., Seiten- u. Profilansicht. 2. *Cer. compressus* (Sandb.) Phil. 3. ***Cer. Münsteri*** Diener. 4, 4 a. *Beneckeia Buchii* v. Alb., Seiten- u. Profilansicht. 5. ***Myophoria simplex*** Schloth. 6. *Myoph. elegans* Dunk. 7. *Placunopsis decemcostata = complicata* Goldf.



Taf. 40. Versteinerungen des Muschelkalks. 1, 1 a. *Ceratites nodosus* DE HAAN. 2. *Encrinus liliiformis* LAM. 2 a. Kelch von unten. 2 b. Säulenstück. 3. *Pecten discites* SCHLOTH. 4. *Monotis Albertii* GOLDF. 5. *Placodus gigas* AGASS. 6. *Nothosaurus mirabilis* v. MÜNST.

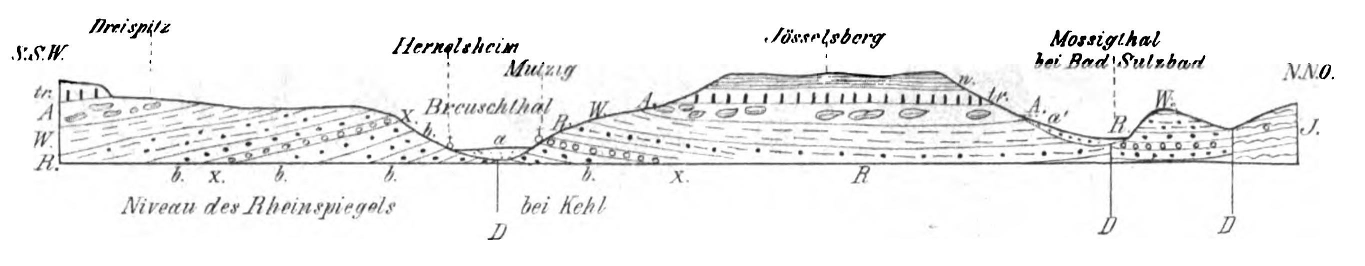


Fig. 57. Profil durch die Trias der Gegend von Mutzig und Sulzbad am Ostrande der Vogesen. Nach BENECKE.

b Vogesen- (Haupt-) Buntsandstein. *x* Hauptconglomerat desselben. *R* Röth (= Voltziensandstein). *W* Muschelsandstein. *A* Anhydritgruppe mit Gypslagern. *tr* Trochitenkalk. *n* Nodosenschichten. *J* Jurassische Bildungen. *a* Thal-, *a'* Gehänge-Alluvium. *D* Verwerfung.

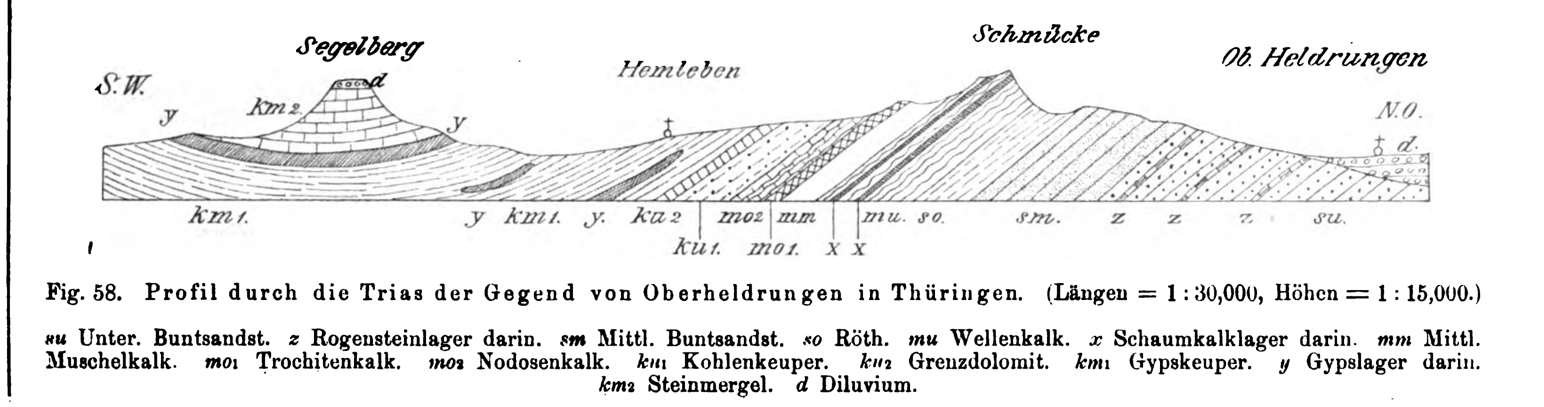


Fig. 58. Profil durch die Trias der Gegend von Oberheldrungen in Thüringen. (Längen = 1 : 30,000, Höhen = 1 : 15,000.)

su Unter. Buntsandst. *z* Rogensteinlager darin. *sm* Mittl. Buntsandst. *so* Röth. *mu* Wellenkalk. *x* Schaumkalklager darin. *mm* Mittl. Muschelkalk. mo_1 Trochitenkalk. mo_2 Nodosenkalk. ku_1 Kohlenkeuper. ku_2 Grenzdolomit. km_1 Gypskeuper. *y* Gypslager darin. km_2 Steinmergel. *d* Diluvium.

Eine Zusammenstellung der Entwickelung des unteren Muschelkalks bei Jena (*J*), Würzburg (*W*) und am südöstlichen Schwarzwald (*S*) nach R. Wagner, bezw. Fr. Sandberger und Schalch zeigt folgendes Bild:

J.	W.	S.
Oberer Wellenkalk.		
Orbicularis-Sch. mit *Myoph. orbic.* 4,51 m	*Orbicularis*-Sch., „Sackbank“ und gelbe Mergel 9,3 m	Bitum. Wellenmergel mit *Myoph. orbicularis* 10,0 m
Obere Schaumkalkzone 4,43 m	Schaumkalk mit *Myoph. laevig.*, *Gerv. costata* und *socialis*, *Pect. disc.* etc. 6,4 m	Kalke und Mergelschiefer m. *Lima lin.*, *Ling. tenuissima*, *Pect. discites* etc. 8,25 m
Eigentlicher oberer Wellenkalk 18,03 m	Wellenkalk 7,0 m Bank m. *Spir. hirsuta* 0,39 m Wellenkalk 16,0 m	
Schichten mit *Terebr. vulgar.* = untere Schaumkalkzone 4,41 m	Spiriferina-Bank (*Spir. fragilis*) und Wellenkalk 1,0 m	Spiriferina-Bank (*Spir. fragil.* u. *hirsuta*, *Lima striata*) 0,07—0,11 m
Unterer Wellenkalk.		
Conglomeratbänke mit reicher Fauna (*Spir. fragilis* etc.) 22,98 m	Terebratelbank m. *T. vulg.* u. *angusta*, *Spirif. hirsuta* 0,56 m	Kalk- und Mergelschiefer m. *Corbula gregaria*, *Gerv. subglobosa*, *Pect. disc.* etc. 10,0 m
Zone der Oolithbänke m. *Terebr. Ecki* = unterer Terebratula-Hor. 5,91 m	Wellenkalk, Oolith und Wellenkalk 35,0 m	Schichten mit *Amm. Buchii*, *Gerv. social.* und *mytiloides*, *Myoph. cardiss.*, *Natica gregaria* etc. 14,5 m
Ebenflächige Kalke mit Bänken voll *Dentalium* und *Natica gregaria* 38,54 m	Dentalienbank (*Dental.*, *Nat. greg.*, *Amm. Buchii* u. *Strombecki*) 0,66 m	Bleiglanzführ. Dolomite od. Kalke m. *Dentalium*, *Ter. vulgar.*, *Myoph. elegans*, *Amm. Strombecki* (Bleiglanz- od. Dentalien-Bank) 0,25 m
Schichten mit *Myoph. vulgaris*, *Gerv. socialis* etc. (= Cölestin-Sch.) 14,14 m	Wellenkalk m. *Lima lin.*, *Unicard. anceps* etc. 16,44 Wellendolomit m. *Lingula tenuissima*, *Estheria minuta* etc. 7,0 m	Wellendolomit m. *Ling. tenuiss.*, *Estheria minuta* etc. 5,0 m

Es sei noch bemerkt, dass in Süd- und Mitteldeutschland (so bei Meiningen) der Wellenkalk gelegentlich kleine Gypslager einschliesst.

Der **mittlere Muschelkalk** oder die einige 30—100 m mächtige Anhydritgruppe besteht überwiegend aus grauen und gelben

Dolomiten, die zum Theil Hornsteinknollen führen, zum Theil zellig-löcherig sind (Zellendolomit), aus gelbgrauen, ebenschichtigen, dolomitischen Mergeln und Kalken sowie aus linsen- oder stockförmigen Anhydrit-, Gyps- und Steinsalzstöcken. Salzlager spielen sowohl an einigen Punkten Thüringens (Erfurt, Gotha, Stotternheim u. s. w.) als auch namentlich in Süddeutschland (Rappenau bei Wimpfen in Baden, wo in den 20er Jahren das erste süddeutsche Steinsalz erbohrt wurde, Friedrichshall und Hall in Württemberg, Stetten in Hohenzollern. Schweizerhall in der Schweiz, Saaralben in Lothringen) eine Rolle[1]. In der Gegend von Ettelbrück im Luxemburg'schen ist, ähnlich wie im ganzen linksrheinischen Gebiete der Wellenkalk, auch der mittlere Muschelkalk durch sandige Schichten ersetzt. Versteinerungen sind in dieser Abtheilung des Muschelkalks sehr sparsam. R. Wagner führt in seiner Schrift über den Muschelkalk von Jena aus den hierher gehörigen Schichten ausser Resten von Fischen, Sauriern und Pflanzen nur *Myoph. orbicularis* auf. Bei Gotha findet sich im mittleren Muschelkalk *Mytilus eduliformis* (Marbg. Ms.), an anderen Orten *Lingula tenuissima* (**37**, 5).

Der **obere Muschelkalk**, auch als Friedrichshaller Kalk (v. Alberti) oder als Hauptmuschelkalk bezeichnet, bildet eine 40—120 m mächtige, überall aus zwei Hauptgliedern zusammengesetzte Schichtenfolge. Ihr unterer Theil, die Trochitenkalke, bestehen zuunterst aus mergelig-schiefrigen, oft Oolithe oder Hornstein enthaltenden Schichten, darüber aus geschlossenen Bänken eines sehr festen, grauen bis gelblichen, dichten oder feinkörnigen Kalkes, der zahlreiche Trochiten, d. h. Stielglieder, seltener auch ganze Kronen von *Encrinus liliiformis* (**40**, 2) einschliesst. Der obere Theil der Schichtenfolge besteht aus einem Wechsel von dünnbankigen Kalksteinplatten mit grauen Mergellagen. Als bezeichnendste Versteinerung führen diese von v. Seebach als „Thonplatten" bezeichneten Kalke überall *Ceratites nodosus* und verwandte Arten, wonach man sie Nodosenschichten nennt. Etwas oberhalb ihrer Mitte liegt die weitverbreitete, fast ausschliesslich aus Schalen von *Terebratula vulgaris* var. *cycloides* Zenk. bestehende Cycloides-Bank. Dadurch zerfällt die Schichtenreihe in untere und obere Nodosenschichten. Während kleine Formen aus der Verwandtschaft von *Cerat. nodosus* als Seltenheit schon in den Trochitenschichten vorhanden sind, treten grössere Arten dieser Gruppe erst mit Beginn der Nodosenschichten, der typische *C. nodosus* selbst erst von

[1]) Viele süddeutsche, thüringer und sonstige Salinen beziehen ihr Salz aus der Anhydritgruppe. Eine bergmännische Salzgewinnung findet statt bei Hall und Friedrichshall, bei Heilbronn, Stetten und Erfurt. Bei Hall beträgt die Mächtigkeit des Salzlagers 8, bei Friedrichshall 22, bei Erfurt 18 m.

der Cycloides-Bank an auf. Im oberen Theile der oberen Nodosenschichten, in den Semipartitus-Schichten, gesellt sich zu *nodosus* der grosse, nur in einigen Gegenden Hessens (Spangenberg, Meissner), bei Lunéville u. a. O. etwas häufiger vorkommende *C. semipartitus* (39, 1). In Süddeutschland folgen über den Semipartitus-Schichten noch die Trigonodus-Schichten, 5—6 m dünnplattige Kalke und Dolomite mit *Trigonodus Sandbergeri* (38, 6), *Myoph. vulgaris* und *Goldfussi*, *Gerv. socialis*, *Pect. laevigatus* etc.

In der Gegend von Jena ist nach R. Wagner die Aufeinanderfolge und Mächtigkeit der verschiedenen Glieder des oberen Muschelkalks die folgende:

Obere Thonplatten		10,18 m
Bank mit *Ter. cycloides*		0,2 „
Untere Thonplatten	b) Discites-Sch. m. *Pect. discites*	11,0 „
	a) Gervilleien-Sch. m. *Gerv. socialis*	6,55 „
Trochiten-Schichten		11,25 „

Bei Vaihingen a. d. Enz unweit Stuttgart setzt sich dieselbe Schichtenfolge nach G. Stettner[1]) zusammen aus:

	Trigonodus-Dolomit	5,3 m
Nodosen-Schichten	Schwieberdinger Sch. mit *Cer. nodosus* und *semipartitus*, zahlreichen Zweischalern und Schnecken. Localfacies der Semipartitus-Sch.	7,5 „
	Schichten mit *Cerat. nodosus*	21,9 „
	Horizont mit *Tereb. cycloides*	2,8 „
	Schichten mit *Cerat. compressus* (39, 2)	9,4 „
	Bank mit *Spirif. fragilis*	0,2 „
	Schichten mit *Cer. compr.*, *Pect. disc.*, *Encrinus*	6,5 „
Trochiten-Sch.	Trochitenkalk mit *Encr. liliif.*, *Lima striata*	21,6 „
	Thonige Schichten mit *Encr.*, *Myoph. vulg.*, *Gerv. costata*	5,4 „

Für ganz Deutschland kann man mit E. Philippi[2]) folgende Gliederung des oberen Muschelkalks als gültig betrachten:

Ceratiten-Kalk	3. Semipartitus-Schichten. In Süddeutschland (und örtlich auch weiter nordwärts) abschliessend mit Bänken mit *Trigonodus Sandbergeri* (38, 6).
	2. Obere Nodosen-Schichten mit *Cer. nodosus typ.* Bank mit *Terebr. cycloides*.
	1. Untere Nodosen-Schichten mit *Cer. compressus*.
Trochiten-Kalk	2. Haupt-Trochiten-Kalk.
	1. Thonig-kalkige Bänke mit *Myoph. vulgaris* und *Gerv. costata*.

In Hinsicht auf Fossilreichthum steht der obere Muschelkalk dem unteren nicht nach. *Encrinus liliiformis, Lima striata* (38, 2), *Gervilleia*

[1]) Jahreshefte d. V. f. vaterl. Naturk. Württemb. 1898, 303.

[2]) Philippi, Ebendas. S. 145.

socialis (38, 1), *Terebratula vulgaris* (38, 7) und *cycloides*, *Pecten discites* (40, 3), *Myophoria vulgaris* (38, 5) erfüllen oftmals ganze Bänke. Besonders bezeichnend, weil im Wesentlichen auf die Nodosen- oder Ceratitenschichten beschränkt, sind die Ammoneen aus der Verwandtschaft des *C. nodosus*.

Der Typus der Gruppe, *C. nodosus* selbst (40, 1), die Hauptleitform des deutschen Muschelkalks — nach L. v. Buch werth, in das geologische Wappenschild Deutschlands aufgenommen zu werden — ist gekennzeichnet durch dicke, breitrückige Gestalt und kräftige, auf der letzten Windung nicht gespaltene, an der Aussenkante mit knotiger Verdickung endigende Rippen. Von nahestehenden Arten ist besonders verbreitet *compressus* (nur untere N.-Sch.), flach, schwächer gerippt (39, 2), während der seltenere *spinosus* durch sehr starke, dornförmig werdende Externknoten, und der ähnlich sculpturirte *evolutus* durch viel stärkere Evolubilität ausgezeichnet ist (beide hauptsächlich untere N.-Sch.). *C. Münsteri* (39, 3) ist eine kleine flache Form mit binodoser Sculptur (d. h. Rippen auf der Mitte der Seiten knotig anschwellend, dann sich versteckt theilend und erst an der Aussenkante in Form von je zwei Knoten wiedererscheinend) auch auf der Wohnkammer (ob. Th. d. unt. N.-Sch.). *C. enodis* endlich ist fast ganz glatt und sculpturlos, flach, mit langsam an Höhe zunehmenden Windungen.

Um den jüngeren *C. semipartitus* — eine bis über 1/3 m Durchmesser erreichende, hochmündige, engnabelige, nahezu glatte Form mit zugeschärfter Externseite (39, 1) — schaaren sich ein paar andere, gleichaltrige Arten: *dorsoplanus* mit breiterer Externseite und Extern- und meist auch Lateralknoten auf den gekammerten Windungstheilen; *intermedius*, dick, mit breitem Rücken und kräftiger Rippung auch auf der Wohnkammer, ein Bindeglied mit *nodosus*[1]).

Auch der einzige häufige *Nautilus* unseres Muschelkalks, der grosse *N. bidorsatus* (38, 9), hat seine Hauptverbreitung im oberen Muschelkalk.

Etwas abweichend ist die Entwickelung des Muschelkalkes in Oberschlesien und den angrenzenden Theilen Polens; und zwar 1. durch die Verschwächung des oberen Muschelkalks auf nur 10 m; 2. das Vorherrschen dolomitischer Gesteine und das Auftreten von Erzen (Brauneisen, Bleiglanz, Galmei im erzführenden Dolomit), und 3. das Erscheinen einer Reihe von Arten des alpinen Muschelkalks. Nach H. Eck[2]) und Gürich[3]) gliedert sich die Schichtenreihe wie folgt:

[1]) Vergl. die schöne Monographie E. Philippi's über die Ceratiten des oberen deutschen Muschelkalks (Dames und Koken, Paläont. Abh. 1901), in der zum ersten Male eine specifische Scheidung der ungemein formenreichen Gruppe durchgeführt wurde.

[2]) Ueb. d. Form. d. bunt. Sandst. u Muschelk. in Oberschl. Berlin 1865.

[3]) Erl. z. geol. Uebersichtskarte v. Schlesien, 1890.

Oberer Muschelkalk. Rybnaer Kalk mit *Cer. nodosus.*
Mittlerer Muschelkalk. Zellendolomit und Kohlenspuren.

Aequiv. des oberen Wellenkalks	Mikulschützer Kalk mit alpinen Arten (Diploporen, Gyroporellen, *Athyris trigonella* (42, 7), *Rhynch. decurtata* (42, 1a), *Spir. Mentzeli* (42, 8) etc.	im östlichen Theile des Gebietes ersetzt durch erzführ. Dolomit
	Terebratel- und Encriniten-Schichten	
	Gorasdzer Kalk	
	Blauer Sohlstein mit *Ter. vulgaris*, *Ath. trigonella*, *Sp. Mentz.*, *Beneckeia Buchii.*	
Aequiv. des unteren Wellenkalks	Chorzower Kalk mit *Dadocrin. gracilis*, *Amm. Strombecki* etc.	
	Poröser fossilleerer Kalk.	

Liegendes: Bunter Sandstein.

Als eine auch den Kalksteinen anderer Formationen nicht fehlende, aber namentlich im Muschelkalk verbreitete, als Druckerscheinung zu deutende Bildung seien noch die zapfenförmigen Stylolithen erwähnt.

Betreffs des Einflusses des Muschelkalks auf die Oberflächengestaltung sei noch hervorgehoben, dass grosse flachgelagerte Ausbreitungen des Kalks eintönige wasserarme Plateaus mit tief eingerissenen engen Thälern, kleinere Muschelkalkschollen dagegen bastionenförmige, steil in die Thäler abstürzende Berge bilden (vergl. das Profil Fig. 57). Wo solche Schollen aus dem gesammten Muschelkalk bestehen, da bedingen die harten Gesteine des oberen Muschelkalks über der ersten Wellenkalkterrasse noch eine höhere zweite Terrasse. Wo endlich, wie im Profile Fig. 58, die Muschelkalkschichten eine stärkere Aufrichtung erlitten haben, macht sich stets die verschiedene Härte und Wetterfestigkeit der verschiedenen Gesteinsglieder geltend. Die verhältnissmässig festen Wellenkalke, namentlich die Schaumkalkzonen, und ebenso im oberen Muschelkalk die Trochitenkalke, bedingen bald nur schwächere kantenförmige, bald höhere rückenförmige Erhebungen, während die leicht auswaschbaren Gesteine des mittleren Muschelkalks — ebenso wie diejenigen des Röths — die Bildung muldenförmiger, häufig mit Thälern zusammenfallender Bodensenken veranlassen.

3. Der Keuper.

Die oberste Schichtengruppe der Trias, der 250 bis über 600 m mächtig werdende Keuper, besteht aus bunten, vorherrschend rothen Letten, die in der Mitte der Schichtenfolge Einlagerungen von Gyps und seltener auch von Steinsalz enthalten, aus hellfarbigen Sandsteinen und aus unreinen, meist wenig mächtigen Kalken und Dolomiten, zu denen endlich in der unteren Abtheilung noch unreine Steinkohlenflötzchen hinzukommen. Die Grenze dieser Schichtengruppe gegen den Muschelkalk pflegt wenig deutlich, die gegen den Lias dagegen sehr scharf zu sein. Die Haupt-

verbreitung des deutschen Keupers liegt in Franken und Schwaben; aber auch in Elsass-Lothringen und Luxemburg nimmt er ansehnliche Flächenräume ein. Demnächst wären die Mitte des thüringischen Beckens, die Senke zwischen Teutoburger Wald und Wesergebirge, die Gegend zwischen Braunschweig und Halberstadt sowie Oberschlesien als wichtigste Verbreitungsgebiete zu nennen. Im Ganzen fallen die Grenzen des deutschen Keupers mit denen des Deutschen Reiches zusammen. Ausserhalb dieses findet sich germanischer Keuper in grösserer Ausdehnung nur noch in Schonen. Denn die an den Rändern des französischen Centralplateaus sowie in den Pyrenäen auftretenden Keuperablagerungen von deutscher Ausbildung nehmen nirgends grössere Flächen ein.

Die petrographische Beschaffenheit und Mächtigkeit der verschiedenen Glieder des Keupers unterliegt einem raschen und starken Wechsel, so dass ein an einer Stelle beobachtetes Profil schon in geringer Entfernung nur noch theilweise gültig sein kann.

Aechte Meeresablagerungen finden sich im Keuper nur an dessen Basis und oberer Grenze, in der Lettenkohle und im Rhät. Die Hauptmasse der Schichtenfolge, der mächtige gyps- und salzführende Hauptkeuper, besteht im Wesentlichen aus festländischen Ablagerungen, die theils fluviatiler Entstehung, besonders aber in sumpfigen Niederungen und brackischen Seen gebildet sein mögen. Uebrigens stellen auch einige Glieder des unteren Keupers, nämlich die kohlenführenden Schichten und Pflanzensandsteine der Lettenkohle, festländische Bildungen dar.

Diese Thatsachen erklären sich daraus, dass auf die grosse Verbreitung und verhältnissmässig starke Vertiefung des germanischen Meeres in der Nodosenzeit mit Beginn der Lettenkohlenperiode wieder ein erheblicher Rückzug und damit eine Verflachung des Meeres folgte, durch die grosse Theile des Seebodens trocken gelegt und in sumpfige Niederungen verwandelt wurden [1]). Die diese Regression bedingende continentale Hebung scheint während der ganzen Hauptkeuperzeit angehalten zu haben. Denn an den verschiedensten Punkten Deutschlands lassen sich im mittleren Keuper Spuren einer Abtragung der älteren Stufen vor Ablagerung der jüngeren beobachten; so nach Thürach und E. Fraas besonders deutlich am Schilfsandstein, der vielfach in tiefen, rinnenförmigen, offenbar durch alte Ströme in die thonige Unterlage ausgewaschenen Furchen abgelagert worden ist. Erst mit Beginn der rhätischen Zeit wurde die aufsteigende Bewegung des Landes durch eine rasch eintretende Senkung abgelöst, die einen neuen, in der nach-

[1]) Dieser Rückzug des Meeres schloss nicht aus, dass örtlich kleine Transgressionen des unteren Keupers stattfanden. So liegt dieser im Süden und Westen der Vogesen unmittelbar auf Buntsandstein oder Rothliegendem, am Rande des Centralplateaus auf Glimmerschiefer, im Nördlinger Ries auf Granit.



folgenden Juraperiode noch weitere Fortschritte machenden Meereseinbruch zur Folge hatte.

Der Fossilinhalt des Keupers ist, wie schon früher hervorgehoben, ein sehr spärlicher. Die marine Fauna des Kohlenkeupers kann als eine verkümmerte Muschelkalkfauna bezeichnet werden — nur als grosse Seltenheit kommt hier noch ein Ceratit (*Schmidi* Zimmermann) und ein *Nautilus* vor —, während die Rhätfauna, wenn auch ebenfalls arm, doch ein selbständiges Gepräge zeigt. Die brackisch-limnische, ganz überwiegend aus Zweischalern bestehende Fauna muss durchgehends als sehr ärmlich bezeichnet werden. Dagegen birgt der Keuper vielfach Reste von interessanten Landthieren (Stegocephalen und Saurier) sowie eine reiche Flora. Die meisten Pflanzen hat der Kohlenkeuper geliefert, während sie im Schilfsandstein weniger zahlreich sind. Beide Floren stehen einander sehr nahe, weichen aber wesentlich von der des Voltziensandsteins ab.

Wie der Buntsandstein und Muschelkalk, so wird auch der Keuper in drei, trotz mannigfacher örtlicher Verschiedenheiten überall bestimmt wiederzuerkennende Abtheilungen getrennt, nämlich den unteren oder Kohlenkeuper, den mittleren oder Haupt- oder Gypskeuper und den oberen Keuper oder das Rhät.

Der **untere** oder **Kohlenkeuper,** auch Lettenkohlengruppe genannt, 10 bis einige 30 m mächtig, besteht aus grauen Thonen und Schieferletten, weisslich-, gelblich-, bräunlich- oder grünlich-grauen Sandsteinen und dolomitischen Kalksteinen. Dazu treten in Thüringen und im südwestlichen Deutschland noch schwache, fast immer unbauwürdige Flötze einer unreinen, lettigen Steinkohle, die der in Rede stehenden Stufe den Namen Lettenkohle eingetragen hat. An der oberen Grenze liegt ein verschieden ausgebildeter, bald dichter, bald poröser oder löcheriger, mitunter auch oolithischer, gelblicher, dolomitischer Kalk, der durch ganz Deutschland verbreitete Grenzdolomit. Er enthält ausser anderen Fossilien als wichtige Leitform die der *M. costata* des Röths ähnliche *Myophoria Goldfussi* (41, 8). Von anderen Versteinerungen des Kohlenkeupers wären besonders *Estheria minuta* (41, 4) und *Lingula tenuissima* (37, 5) zu nennen. Die erstgenannte ist, zusammen mit anderen kleinen, der Gattung *Bairdia* angehörenden Schalenkrebsen in den Schieferthonen oft massenhaft vorhanden (Estherien- oder Bairdienschichten). Von Mollusken pflegen ausser *Myophoria Goldfussi* nur noch *M. transversa*, *Anoplophora lettica* und *donacina* sowie ein paar Gervilleien — alle gewöhnlich in wenig guter Erhaltung — vorhanden zu sein. Häufiger sind in Thüringen und in Schwaben kleine Fischzähne und -schuppen (*Acrodus*, *Hybodus*) sowie

die grösseren, sehr charakteristischen Zähne der Dipnoër-Gattung *Ceratodus* (**41**, 5) und Reste von Labyrinthodonten und Sauriern (*Mastodonsaurus*, *Nothosaurus*). Auch Pflanzenreste sind häufig, aber meist schlecht erhalten. Als altberühmte Fundorte seien genannt die „Neue Welt“ bei Basel und „Theta“ bei Baireuth.

Quenstedt betrachtet den Kohlenkeuper als oberstes Glied des Muschelkalkes.

Gümbel unterscheidet im Kohlenkeuper Frankens[1]):

I. Grenzdolomitregion.

2. Grenz- und Flammendolomit mit *Myoph. Goldfussi* etc.	1,50 m
1. Graue Lettenschiefer mit dolomitischen und sandigen Zwischenschichten. Pflanzenreste, *Anopl. brevis*, *Ling. tenuiss.*, *Estheria*	6,50 „

II. Hauptlettenkohlensandstein.

3. Schiefrig-thonige Schichten mit Wurzelresten . . .	0,75 „
2. Werksandstein mit Pflanzen- und Saurierresten . .	2,10 „
1. Grüngr. sand. Lettenschiefer mit d. Lettenkohlenflötz	1,30 „

III. Untere Lettenkohlenschichten.

9. Zelliger, dünnbankiger dolomitischer Schiefer . . .	2,50 „
8. Grauer Steinmergel und Schiefer voll Algen . . .	0,30 „
7. Grüngrauer Lettenschiefer, oben feste graue Kalke .	4,20 „
6. Drusige Dolomitbank	0,30 „
5. Dolomitischer Lettenschiefer.	1,50 „
4. Grauer Lettenschiefer	1,00 „
3. Gelber Dolomit mit *Myophoria*, *Anoplophora* etc. . .	1,40 „
2. Graue Schiefer und Dolomitbänke	2,00 „
1. Sandig-dolomitische Bänke voller Fischreste, mit Ostracoden, *Anopl. brevis*, sogen. Bone bed	0,20 „

Auch für Elsass-Lothringen unterscheidet Benecke:

3. 3—5 m Grenzdolomit,
2. 20—25 m bunte Mergel,
1. eine an 10 m mächtige dolomitische Region;

für die Gegend von Thale am Nordrand des Harzes Brandes[2]):

2. Obere Lettenkohle mit

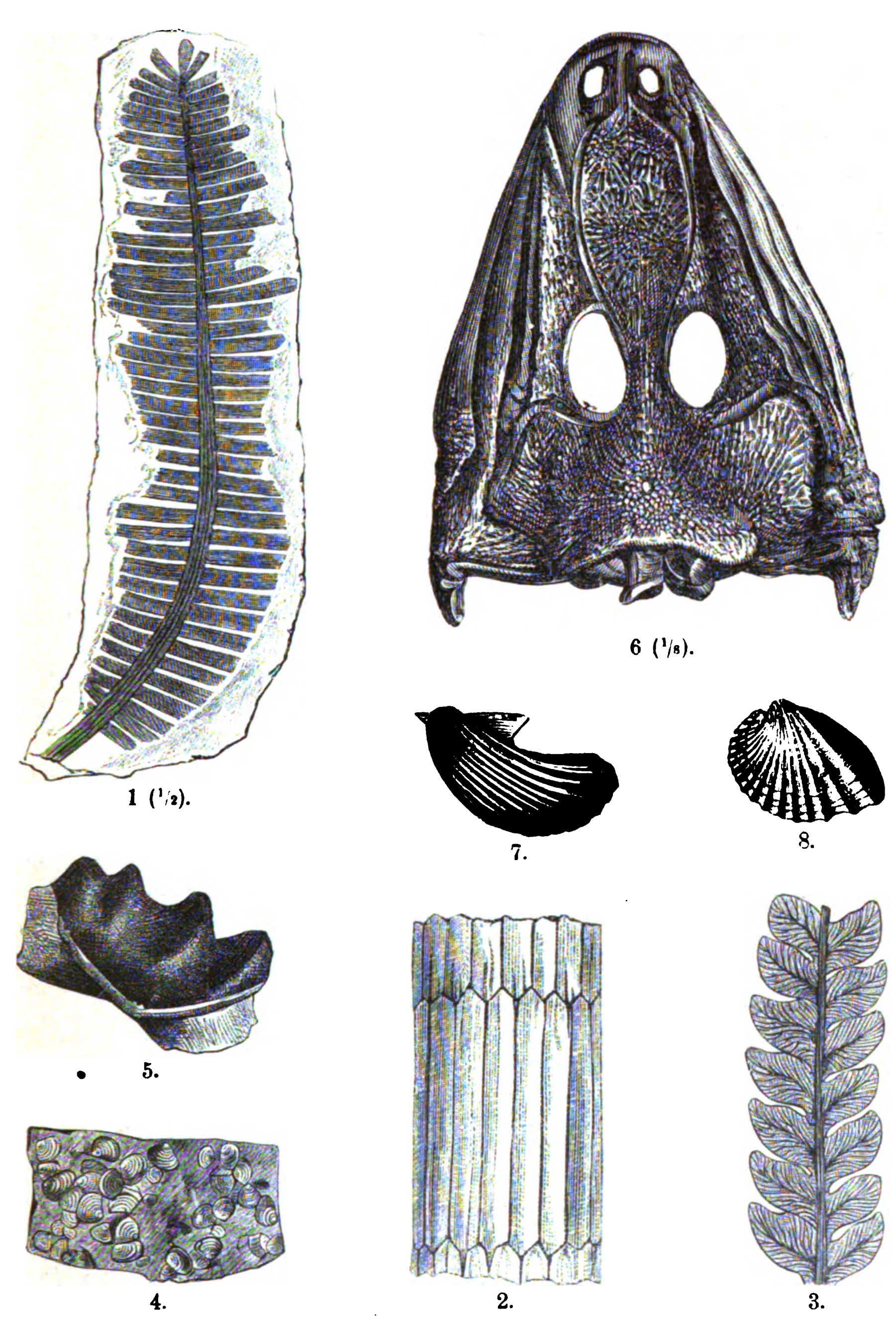
Grenzdolomit	3,0 m
obere lichte Mergel	6,5 „
Bone bed	1,0 „
untere lichte Mergel	1,5 „

1. untere Lettenkohle mit

Lettenkohlensandstein	1,1 „
dunkle Thone, Dolomite etc.	2,4 „
Hauptmuschelbank mit *Myoph.* etc. .	1,2 „
dunkle Thone mit *Anoplophora* etc. .	3,7 „

[1]) Geol. v. Bayern, 1894, S. 719.

[2]) Centralbl. f. Min. etc. 1901, 1.



Taf. 41. Versteinerungen des Keupers. 1. *Pterophyllum Jaegeri* Brongn. 2. *Equisetum arenaceum* Brongn. 3. *Neuropteris remota* Presl. 4. Gesteinsstück mit *Estheria minuta* v. Alb. 5. Zahn von *Ceratodus Kaupi* Agass. 6. Schädeldecke von *Mastodonsaurus giganteus* Jäg. 7. *Avicula contorta* Portl. 8. *Myophoria Goldfussi* v. Alb.

Der **mittlere** oder **Haupt-(Gyps-)keuper,** die mächtigste Abtheilung des gesammten Keupers — bei Göttingen ist er 450 m stark —, besteht im nördlichen Deutschland aus grellfarbigen, rothen und grünen, bröckeligen Letten, die in der unteren Hälfte, dem Gypskeuper im engeren Sinne, stets Einlagerungen von Gyps enthalten, während die obere, unter dem Namen Steinmergel bekannte Hälfte gypsfrei ist. Steinsalzpseudomorphosen sind in der gypsführenden Abtheilung sehr verbreitet; Steinsalzlager dagegen sind in diesem Niveau nur in Süddeutschland (Dieuze, Pettoncourt, Vic in Lothringen, Wimpfen a. Neckar) häufiger, in Norddeutschland aber selten (bei Göttingen erbohrt). Auch in Süddeutschland beginnt der mittlere Keuper mit bunten, gypsführenden Letten. Darüber folgen aber Sandsteine, und zwar zuunterst der pflanzenreiche Schilfsandstein (mit *Equisetum arenaceum* [**41**, 2], *Pterophyllum Jaegeri* [**41**, 1] u. a., *Danaeopsis marantacea, Glossopt. keuperina, Clathropteris* u. s. w.; höher aufwärts, über einer neuen Zone gypsführender Lettenschiefer (den Lehrberg- oder Berggypsschichten), in Schwaben der weisse Stubensandstein, der bei Stuttgart die berühmte, das Stuttgarter Museum zierende Gruppe von *Aëtosaurus ferratus, Belodon Kapffi* und andere Saurierreste geliefert hat, in Franken der Semionotus- und Burg-Sandstein, mit dem namentlich bei Koburg in trefflicher Erhaltung vorkommenden Ganoidfische *S. Bergeri.* Ueber diesen Sandsteinen folgt vielfach eine neue Zone von bunten Mergeln.

Nach Gümbel [1]) gliedert sich der Hauptkeuper Frankens wie folgt:

Obere Abtheilung.

8. Zanclodon- oder Feuerletten . . . . 10—50 m
7. Burg- und Stubensandstein, röthliche und weisse Sandsteine, mit rothen und grünlichen Lettenschiefern wechselnd (*Belod. Kapffi*) . . . . 70—140 „
   c) oberer Burg-Sandstein
   b) dolomitischer Arcose-Sandstein
   a) unterer Burg-Sandstein (Heldburger Sch., oberer *Semionotus*-Sandstein mit bunten Letten und Gyps
6. Semionoten- und Blasen-Sandstein . . . . 25—50 „
   b) Koburger Bausandstein mit *Semionotus Bergeri* (= unt. *Sem.*-Sandstein)
   a) Blasen- und Platten-Sandstein, Sandstein und gypsführende rothe Letten

Mittlere Abtheilung.

5. Lehrberg- und Berggyps-Schichten . . . . 20—35 „
   b) Lehrberg-Schichten. Weisse dolomitische Kalkbänkchen in bunten Lettenschiefern
   a) Berggyps-Schichten. Schwache Sandsteinbänke,

[1]) a. a. O. S. 731.

rothe Lettenschiefer, dolomitischer Mergel (Horizont BEAUMONT) und gypsführende Mergel

4. Schilfsandstein, grünlich-grauer feink. Bausandstein . . 10—35 m

Untere Abtheilung.

3. Estherien-Schichten. Graue Mergel mit *Estheria laxitesta, Corbula Rosthorni, Acrodus* etc. . . . . 25—60 „

2. Myophorien-Schichten. Dunkelgraue oder bunte Mergel mit harten Sandstein- oder Kalkbänken, die Bleiglanz, *Myophoria Raibliana* und *Corbula Rosthorni*[1]) (**44**, 6) führen (sogen. Bleiglanzbank) . . . . 40—120 „

1. Grundgyps-Schichten. Gypsführender Mergel und Kalklagen mit *Myoph. Goldfussi* und *transversa, Mon. Albertii, Gervilleia lineata* . . . . 8—12 „

Ganz ähnlich ist auch die Schichtenfolge im Reichslande (*R*)[2]), in Schwaben und Norddeutschland (*G.* = Göttingen):

	R.	G.
Obere Abtheilung	Steinmergelkeuper: Rothe und bunte Letten mit *Perna, Corbula* etc.	Steinmergelkeuper: 9. obere dolomitische, helle Steinmerg. 8. rothe Sandsteine und Mergel 7. graue Mergel, *Semion.*-Sandstein, Heldburg-Gyps-Horizont 6. Aequ. d. Koburger Bausandsteins
Mittlere Abtheilung	Rothe Mergel, Hauptsteinmergel, bunte Mergel, Schilfsandstein	„Rothe Wand" und Schilfsandstein: 5. rothe Mergel mit festen Dolomitbänken (Horizont BEAUMONT) 4. Schilfsandstein
Untere Abtheilung	Obere und untere Estherien-Schichten Salzkeuper: Bunte oder graue dolomitische Mergel mit Kochsalzkrystalloiden	Unterer Gypskeuper: 3. Graue Mergel, unten Dolomitbänke (*Corbula*-Bänke) 2. Bunte Mergel mit Bleiglanz-Bänken 1. Untere Dolomite und Grundgypse

Interessant ist das Vorkommen eines 1/2 m starken Steinkohlenflötzes im Gypskeuper des Eggegebirges. Aehnliche, aber bis 2 m starke

[1]) Diese von Franken durch Thüringen bis nach Göttingen verbreitete Bank ist namentlich durch die genannten, auch in den Raibler Schichten der alpinen Trias wiederkehrenden Arten bemerkenswerth.

[2]) STEUER, Keupergraben von Balbronn. Diss. Strassburg 1896.

Kohlenflötze finden sich im mittleren Keuper Oberschlesiens und Polens, wo sie bei Poremba und Blanowice Gegenstand des Bergbaus sind.

Der **obere Keuper** oder **das Rhät** (GÜMBEL) erreicht selten eine Mächtigkeit von mehr als 25 m und besteht vorwiegend aus hellfarbigen feinkörnigen Quarzsandsteinen, die vielfach (wie bei Culmbach, Baireuth, Bamberg) einen werthvollen Bausandstein liefern und oft reich an Pflanzenresten sind. Dazu kommen noch graue bis dunkle, sich nach oben allmählich reiner entwickelnde Lettenschiefer, deren dünnplattige, sandige

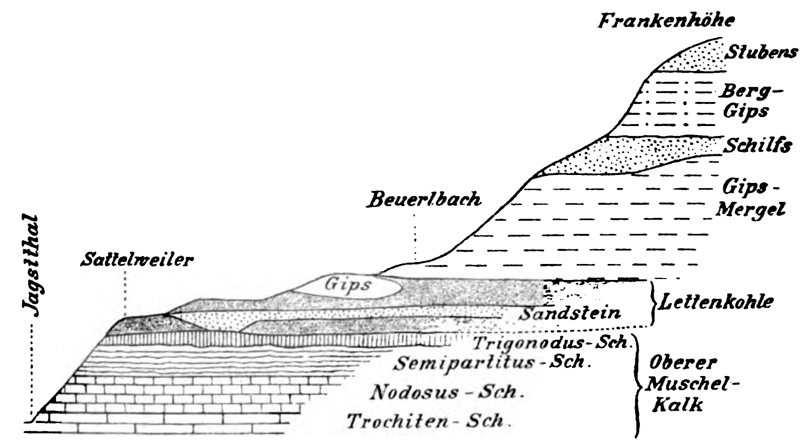


Fig. 59. Profil durch einen Theil des Muschelkalks und Keupers bei Crailsheim. Nach E. FRAAS.

oder seltener kalkige Einlagerungen oft ganz bedeckt sind mit schlecht erhaltenen Zweischalern, von denen nur *Avicula contorta* (**41**, 7), *Protocardium rhaeticum, Modiola minuta, Taeniodon Ewaldi* und *praecursor, Anodonta ? postera* und *Gervilleia praecursor* genannt seien [1]).

In Schwaben, im Wesergebirge und anderwärts treten in diesen Schichten, ähnlich wie schon im mittleren Keuper, aber in stärkerer Entwickelung, einige nur 2—3 cm mächtige Bänkchen auf, die ein Conglomerat von Zähnchen, Knochentrümmern, Fischschuppen, Koprolithen u. s. w. darstellen, das sogen. Bone bed. In Schwaben finden sich hier Reste der Fischgattungen *Ceratodus, Acrodus, Hybodus, Lepidotus, Saurichthys* etc., ferner solche der Reptilgattungen *Belodon, Nothosaurus, Trematosaurus, Ichthyosaurus, Plesiosaurus* etc. Vor allem aber sind bemerkenswerth Zähnchen der ältesten bekannten Säuger, nämlich *Microlestes antiquus* und *Triglyphus Fraasi.*

[1]) Für die Kenntniss dieser Fauna im Braunschweig'schen und Hannover'schen ist besonders der Aufsatz von SCHLÖNBACH im N. Jahrb. f. Min. 1862, S. 146 wichtig. Für die schwäbischen Vorkommen vergl. QUENSTEDT, D. Jura, 1858, S. 27. ENGEL, Geognost. Wegweis. d. Württemb., 1896, 122.

Die rhätische oder *Contorta*-Fauna ist zwar nicht reich, aber dadurch, dass sie nicht bloss über ganz Deutschland, England und Centralfrankreich, sondern auch das Alpengebiet verbreitet ist und damit einen festen Vergleichungshorizont zwischen alpinem und ausseralpinem Keuper abgiebt[1]), von grosser Wichtigkeit.

Dass auch in Frankreich, am Westabhang der Vogesen, an den Rändern des Centralplateaus, in der Provence und in den Pyrenäen bunte gypsführende Keuper-Mergel mit Einlagerungen von Kalken, Dolomiten und Sandsteinen entwickelt sind, ist schon früher hervorgehoben worden[2]). Zum Theil unmittelbar von Lias überlagert, dürften sie wenigstens in ihrem oberen Theile dem Räth angehören, worauf auch das Vorkommen von Arten wie *Avicula exilis* hinweist.

Ferner gehören der rhätischen Stufe an die über 200 m mächtigen dunklen kohlenführenden Sandsteine und Schieferthone Schonens. *Taeniodon*, *Protocardia* und andere Zweischaler sowie die reiche Flora (*Equisetum*, *Nilssonia*, *Podozamites*, *Dictyophyllum* etc.) lassen daran keinen Zweifel. Demselben Niveau fallen wahrscheinlich auch die bunten plastischen, ebenfalls pflanzenführenden Thone und arkosenartigen Sandsteine zu, die in Verbindung mit Lias auf der Insel Bornholm entwickelt sind.

Die Trias Englands, Nordamerikas, Südamerikas, Südafrikas und der vorderindischen Halbinsel.

In allen diesen Gebieten finden sich triassische Ablagerungen in einer Entwickelung, die sich der germanischen mehr oder weniger eng anschliesst.

In **England**, wo die Trias im Centrum des Landes eine beträchtliche, aus der Gegend von Newcastle und Liverpool bis nach Devonshire reichende Verbreitung besitzt, wird der Buntsandstein durch ganz ähnliche rothe Sandsteine mit Conglomeratbänken, Kreuzschichtung und Chirotherienfährten wie bei uns, den New[3]) red sandstone, vertreten. Der Muschelkalk fehlt in England; allein angesichts der Thatsache, dass dort zwischen Buntsandstein und Keuper keine Spur einer Schichtungs- oder Erosionsdiscordanz wahrzunehmen ist, fragt es sich, ob er nicht vielleicht durch buntsandsteinähnliche Schichten vertreten ist. Muss

[1]) Oppel u. Süss, Ueber die muthmaasslichen Aequivalente der Kössener Schichten in Schwaben. Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1856.

[2]) de Lapparent, Traité d. géol. 1900, S. 1037. Vgl. auch Roussel, Étude stratigr. des Pyrénées, 1893, S. 116.

[3]) Als New red sandstone wird das Gestein bezeichnet im Unterschiede vom devonischen Old red sandstone.

Uebersicht über die Gliederung der deutschen Trias in einigen Gegenden.

Stufen	Thüringen, Harz	Franken, Hessen	Schwaben	Lothringen, Saargebiet
Oberer Keuper (Räth)	Dunkle Schieferthone und helle Sandsteine	Desgl.	Bone bed Sandsteine und Thone	Sandsteine und Schieferthone mit *Av. contorta*
Mittlerer (Gyps-) Keuper	Gypsfreie Steinmergel Bunte gypsführ. Mergel	Bunte Letten Burg- etc. Sandstein Lehrberg- etc. Sch. Schilfsandstein Esther.- und Myoph.-Sch. Grundgyps-Sch.	Stubensandstein bunte Mergel Schilfsandstein Gypsmergel mit Corbulabänken	Steinmergelkeuper Bunte Mergel Schilfsandstein Estherien-Sch. Salzkeuper
Unterer oder Kohlenkeuper (Lettenkohle)	Grenzdolomit Graue Thone und Letten Sandsteine unreine Kalke	Grenzdolomit Lettenkohle Sandstein Lettenschiefer	Grenzdolomit Flammendolomit Sandsteine Schieferthone	Grenzdolomit bunte Mergel Dolomitische Gesteine
Oberer Muschelkalk	Nodosen-Sch. Trochiten-Kalk	Trigonodus-Sch. Nodosen-Sch. Trochiten-Kalk	Desgl.	Nodosen-Sch. Trochiten-Kalk
Mittlerer Muschelkalk (Anhydrit-Gruppe)	PlattigeDolomite und Mergel mit Gyps, Salz, Zellendolomit	Desgl.	Anhydrit-Gruppe	Desgl.
Unterer Muschelkalk (Wellenkalk)	Orbicularis-Sch. Wellenkalk mit Schaumkalk Unt. Wellenkalk ohne Schaumkalk	Desgl.	Orbicularis-Sch. Wellenkalk	Orbicularis-Sch. Muschelsandstein
Oberer Buntsandstein (Röth)	Bunte gypsführ. Mergel	Desgl.	Rothe Schieferthone Plattensandstein Zwischenschichten Karneolbank	Voltziensandstein Zwischenschichten mit Karneolbank
Mittler. oder Hauptbuntsandstein	Chiroth.-Sandst. Grobkörniger Quarzsandstein	Desgl.	Haupt-(Kniebis-)buntsandstein	Vogesensandstein
Unterer Buntsandstein	Feinkörn. thonige Sandsteine mit Rogensteinen	Feink. thonige Sandsteine	Unteres Congl. Tigersandstein	Fehlt

diese Frage bei dem völligen Mangel charakteristischer Versteinerungen offen bleiben, so steht das Vorhandensein des Keupers in England längst ausser Zweifel. Dieser besteht wie bei uns aus bunten Mergeln mit Gyps und Steinsalz (in Lancaster u. s. w.), Sandsteinen und dolomitischen Kalken, zu denen sich als Basalbildung vielfach Conglomerate und Breccien gesellen. Darüber folgt die sehr entwickelte rhätische Stufe: zu unterst Kalke und Mergel mit *Protocardium rhaeticum*, *Lima praecursor*, *Myophoria postera* u. a. Arten, dann das Bone bed, schwarze Schiefer mit Fischresten (*Ceratodus*, *Acrodus* etc.) und *Avicula contorta*, *Pecten valoniensis*, *Protocardium rhaeticum* u. s. w., und zuoberst graue Mergel mit Resten von *Microlestes*.

Wo diese Bildungen mit permischen Ablagerungen in Berührung treten, bedecken sie diese transgredirend.

In **Nordamerika** finden sich triassische Ablagerungen von terrestrischem Charakter besonders im Osten der Vereinigten Staaten, zwischen den Alleghanies und der atlantischen Küste. So in der Umgebung von New-York und in Connecticut, wo die fraglichen Schichten unmittelbar auf archäischen Gesteinen aufruhen und wie in England als New red sandstone oder als Newark System [1]) bezeichnet werden. Es sind rothe, mitunter von Conglomeraten begleitete, hie und da unreine Kalkbänke einschliessende Sandsteine, Sandsteinschiefer und Letten, auf deren Schichtflächen sich Wellenfurchen, Regentropfeneindrücke und Fussabdrücke finden. Bei Richmond schliessen diese Schichten auch werthvolle Steinkohlenflötze und Sphärosiderite ein. Noch mehr aber als diese sind zahlreiche Lager und Decken von dioritischen und melaphyrartigen Gesteinen für uns eine fremdartige Erscheinung. Sie bilden unter Anderem die berühmten Pallisaden des Hudsonflusses, ein über 100 m mächtiges, in riesige senkrechte Pfeiler abgesondertes Dioritlager. Organische Reste sind auch hier im Ganzen selten. Unter den Pflanzen sind *Voltzia heterophylla*, *Equisetum columnare* und andere auch in der deutschen Trias verbreitete Formen zu nennen. Eine reiche, speciell der von Lunz in den österreichischen Alpen nahestehende Keuperflora ist schon länger aus Virginien bekannt [2]). Die Schichten des Connecticutthales und von New Jersey schliessen ausser Pflanzenresten auch eine ziemlich reiche Fauna von Ganoidfischen ein [3]). Neben solchen kommen noch Reptilreste vor. Endlich haben sich in Nordkarolina auch Ueberbleibsel eines Beutelthieres (*Dromatherium*) gefunden.

Ein zweites Verbreitungsgebiet triassischer Gesteine liegt im Westen

---

[1]) Russel, The Newark System. Bull. U. St. Geol. Surv. Correlation Papers, Nr. 85, 1892.

[2]) Fontaine i. d. Monographs of the United States Geolog. Survey, VI, 1883.

[3]) Newberry, ebendas. XIV, 1888.

der Vereinigten Staaten, im Felsengebirge, wo die Trias abweichend von Californien nicht in alpiner Ausbildung, sondern ebenfalls in Gestalt mächtiger gypsführender fossilarmer rother Sandsteine entwickelt ist, welche die Unterlage jurassischer Ablagerungen bilden. Man kennt aus diesen Schichten nur Pflanzenreste (*Taeniopteris*, *Zamites*, *Otozamites* etc.) und Saurierreste (*Belodon* in der Sierra Madre Neu-Mexicos, Dinosaurier im Painted Canyon in Utah).

In **Südamerika** finden sich nach A. Stelzner in der argentinischen Republik und von dort auch nach Chile fortsetzend, kohlenhaltige Triasablagerungen vom Charakter des New red sandstone und mit rhätartiger Flora (*Baiera*, *Thinnfeldia* etc.).

Sehr viel verbreiteter sind ähnliche, ebenfalls steinkohlenführende Sandsteine in **Südafrika**. Vom Capland bis nach Deutsch-Ostafrika[1]) bilden sie den oberen Theil der sogen. Karoo-Formation und enthalten neben Pflanzenresten (*Glossopteris*, *Phyllotheca*, *Noeggerathiopsis*, *Thinnfeldia*) besonders die merkwürdigen, von R. Owen beschriebenen Theromorphen (*Dicynodon*, *Pareiosaurus* etc.) sowie Reste von Multituberculaten (*Tritylodon longaevus* Owen).

Auch im **peninsularen Indien** ist eine ganz ähnliche festländische Vertretung der Trias vorhanden. Es gehören hierher die mittleren Theile des Gondwana-Systems, sandig-thonig-conglomeratische Schichten, die Steinkohlen sowie eine der südafrikanischen ganz ähnliche Flora (*Glossopt. Browniana* und *angustifolia*, *Vertebraria*, *Schizoneura*. *Pterophyllum* etc.) und Fauna (Theromorphen [*Dicynodon*] und Labyrinthodonten) enthalten.

II. Die pelagische Facies der Trias.

1. Trias der Alpen.

Auf beiden Seiten der Centralzone der Alpen zieht sich eine breite, vorherrschend aus mächtigen Kalkmassen aufgebaute Zone hin. L. v. Buch und Humboldt sahen diese Kalkzüge, die Kalkalpen, bei ihren ersten Bereisungen noch als dem Zechstein gleichstehend an; Dank den vielen seit jener Zeit ausgeführten Arbeiten wissen wir aber jetzt, dass sie sehr verschiedene Formationen vertreten, die indess alle jüngeren Alters sind als man ursprünglich annahm. Die ersten Triasversteinerungen wurden bei Recoaro in den vicentinischen, und bei St. Cassian in den südtiroler Alpen aufgefunden. Bei Recoaro, wo Buntsandstein und Muschelkalk in einer der deutschen überraschend ähnlichen Ent-

[1]) Siehe Potonié in Bornhardt, D.-O.-Afrika, Bd. VII, 1900, S. 505.



wickelung vorhanden sind, erkannte schon Buch die Zugehörigkeit der betreffenden Versteinerungen zum Muschelkalk. Die Fauna von St. Cassian dagegen wusste man bei ihrer eigenthümlichen, von allem bis dahin Gekannten sehr abweichenden Zusammensetzung lange nicht recht zu deuten. Neben Orthoceren, Murchisonien, Spiriferen und anderen Fossilien von paläozoischem Charakter fanden sich dort Cephalopoden mit ceratitischer und selbst mit ammonitischer Lobenlinie, wie man sie damals nur aus Jura und Kreide kannte, so dass eine Autorität wie Bronn die Fauna für zusammengeschwemmt erklärte. Unter diesen Umständen war es von grosser Wichtigkeit, als man später in den Nordalpen in den sogen. Hallstätter Kalken eine Ammonitenfauna kennen lernte, deren Arten zum Theil mit solchen von St. Cassian übereinstimmten und dadurch die Altersähnlichkeit der betreffenden nord- und südalpinen Ablagerungen bekundeten. Jetzt werden beide Faunen dem alpinen Keuper zugerechnet. Erst viel später fand man auch in den Nordalpen (und zwar bei Reutte unweit der bayerisch-tiroler Grenze) ächte Muschelkalkversteinerungen. Ein weiterer bedeutender Fortschritt wurde durch die Arbeiten von Oppel und Süss erzielt, welche 1856 in unzweifelhafter Weise die Gleichaltrigkeit der obersten Keuperbildungen Schwabens mit den auf beiden Seiten der Alpen weit verbreiteten Kössener Schichten nachwiesen und damit einen wichtigen Horizont für die Vergleichung der alpinen und deutschen Trias kennen lehrten [1]). Von da an widmeten sich v. Hauer, Escher von der Linth, v. Richthofen, Gümbel u. A. mit aller Kraft der Erforschung der alpinen Trias, deren Kenntniss unter solchen Umständen so rasche Fortschritte machte, dass v. Hauer bereits 1858 nicht nur eine vollständige Gliederung der lombardischen Trias durchführen, sondern auch deren einzelne Glieder in wesentlich zutreffender Weise mit denen der Südtiroler und Kärntener Trias parallelisiren konnte [2]).

Trotz des rastlosen Eifers aber, mit welchem das Studium der alpinen Trias in den letzten 40 Jahren betrieben worden ist, bietet diese noch immer manches Räthsel. Dies hängt zum Theil mit den vielfach sehr gestörten Lagerungsverhältnissen zusammen, besonders aber mit dem häufigen und oft sehr jähen Facieswechsel der triassischen Schichten in den Alpen. Ein und dasselbe Formationsglied kann in derselben Gegend als versteinerungsführender Schieferthon oder Mergel, als Eruptivtuff, als geschichteter Cephalopodenkalk oder in Form mächtiger, fast schichtungsloser Kalke und Dolomite entwickelt sein. Es ist das Verdienst von v. Mojsisovics, zuerst nachdrücklich auf die grosse Rolle aufmerksam gemacht zu haben, welcher dieser Facieswechsel, und in Verbindung

[1]) Sitzungsber. d. Wien. Akad. 1856.

[2]) Erläuter. zu einer geol. Uebersichtskarte der Lombardei. Jahrb. d. geol. Reichsanst. IX, S. 445.

damit auch der Faunenwechsel in der alpinen Trias spielt [1]). Dadurch hat manches bis dahin schwer zu Verstehende seine Erklärung gefunden. Trotzdem ist man erst in neuester Zeit und nach langen, erbitterten Kämpfen zu der Erkenntniss gelangt, dass der Hallstätter Kalk, den Mojsisovics lange einem mittleren Niveau der Trias zugewiesen hatte, in Wirklichkeit seiner Hauptmasse nach dem Hauptdolomit und Dachsteinkalk gleichsteht und damit an die obere Grenze der triassischen Schichtenfolge gehört [2]).

Die Parallelisirung von alpiner und ausseralpiner Trias ist noch immer mit mancher Unsicherheit behaftet. Wie Mojsisovics mit Recht bemerkt hat, kannten wir bis vor kurzem mit voller Sicherheit in den Alpen nur die Aequivalente von drei Horizonten der deutschen Trias, nämlich des Röths, des unteren Muschelkalks und der rhätischen Stufe. Erst vor wenigen Jahren ist es A. Tornquist durch Auffindung eines Ceratiten aus der Gruppe unseres *nodosus* in den Vicentiner Alpen [3]) gelungen, auch die Aequivalente der Nodosenschichten des deutschen Muschelkalks in den Alpen nachzuweisen und damit sehr wesentlich zur Klärung der vielerörterten Frage nach der Muschelkalk-Keuper-Grenze in den Alpen beizutragen. Wenn wir Dank dieser Entdeckung jetzt in der Hauptsache über die Vertretung unseres Buntsandsteins und Muschelkalks in den Alpen im Reinen sind, so ist dagegen die Parallelisirung der verschiedenen Horizonte des ausseralpinen und alpinen Keupers bis auf den heutigen Tag noch ziemlich unsicher. Die Verschiedenheit der fraglichen Ablagerungen in beiden Gebieten ist in der That so gross, dass es fraglich erscheint, ob es überhaupt je gelingen wird, beide Schichtenfolgen bis in die Einzelheiten mit einander zu parallelisiren.

In theilweisem Anschluss an neuere Ausführungen von Benecke [4]) und Bittner [5]) wollen wir im Folgenden die triassische Schichtenfolge der Alpen in zwei Hauptabtheilungen zerlegen, deren untere wir in alpinen Buntsandstein und alpinen Muschelkalk gliedern, während wir die obere Abtheilung, die Aequivalente unseres Keupers,

---

[1]) Ueber d. Gliederung d. ober. Triasbild. i. d. östl. Alpen. Jahrb. d. geol. Reichsanstalt, 1869. — Faunen u. Faciesgeb. d. Triasper. i. d. Ostalpen. Ebendas. 1874. — Ueber d. heteropischen Verhältnisse d. lombardischen Trias. Ebend. 1880. — Die Dolomitriffe von Südtirol und Venetien. Wien 1878. — Vergl. auch die neuere Arbeit von E. Böse über die Faciesbezirke der alp. Trias, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1898, 695.

[2]) Vergl. Bittner, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1892, 387; 1894, 233; 1897, 429.

[3]) Nachr. d. Ges. d. Wiss. Göttingen 1896. — Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1898, S. 209.

[4]) Ber. d. naturf. Ges. Freiburg i. Br. IX, 221 u. X, 109.

[5]) Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1897, 429.

mit Bittner in vier Gruppen trennen, für die wir die von Mojsisovics und Bittner herrührenden Namen ladinische, karnische, norische und rhätische Stufe, und zwar im Sinne Bittner's, anwenden.

Bemerkenswerth ist, dass die Trias in den Ostalpen (östlich vom Rheinthale) viel besser entwickelt ist als in den Westalpen, woselbst umgekehrt Jura und Kreide eine grössere Rolle spielen. Damit zusammenhängend sind es besonders österreichische und deutsche Geologen, die sich um die Kenntniss der alpinen Trias verdient gemacht haben. Für die triassischen Ablagerungen der bayerischen Alpen sind vor Allem Gümbel's Arbeiten [1]) wichtig geworden, für die der Tiroler und lombardischen Alpen die Untersuchungen v. Richthofen's, Benecke's [2]) und Stoppani's, für die der österreichischen Alpen endlich die von Bittner, Diener, Geyer, v. Hauer, Pichler, Stache, Stur, Süss, Toula, Vacek u. A., besonders aber die von Mojsisovics, welchem wir auch die umfangreichsten paläontologischen Arbeiten über die alpine Trias verdanken [3]).

I. Untere alpine Trias.

1. Der alpine Buntsandstein.

Dem Buntsandstein werden in den Alpen röthliche oder grüngraue, sandige, glimmerreiche Schiefer, die sogen. Werfener Schichten (nach Werfen im Salzburg'schen) gleichgestellt. Sie schliessen vielfach Gyps und Steinsalz und im oberen Theile auch unreine Kalksteine ein. Ihre Abgrenzung gegen den permischen Grödner Sandstein bezw. Verrucano ist nicht immer leicht, besonders wenn sie, wie in Vorarlberg und Graubünden, aus ähnlichen Conglomeraten wie der Verrucano bestehen. Leitversteinerungen sind *Avicula* (*Posidonia*) *Clarai* (kenntlich an ihren

---

[1]) Geogn. Beschreib. d. bayer. Alpengeb. 1858—1861. Geol. v. Bayern, 1894, S. 42 ff. Vergl. auch das noch immer sehr empfehlenswerthe Werkchen desselben Verf.: Kurze Anleitung zu geol. Beobachtungen in den Alpen (aus den Schriften d. deutsch. Alpenvereins) 1878. Von neueren Arbeiten wären besonders die von Böse, E. Fraas, Rothpletz (Geol. Querschnitt d. d. Ostalpen, 1894 u. a.), Salomon und v. Wöhrmann namhaft zu machen.

[2]) v. Richthofen, Geogn. Beschreib. d. Umgeb. v. Predazzo etc. in Südtirol, 1860. — Benecke, Trias u. Jura i. d. Südalpen. Geogn.-paläontol. Beitr. I, 1, 1866. — Ueber d. Umgeb. von Esino i. d. Lombardei. Ebend. II, 3, 1876. — Vergl. weiter Lepsius, Das westl. Südtirol, 1878. E. Philippi, Das Grigna-Gebirge. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1895, und bes. Tornquist, Das vicentin. Triasgebirge, 1901.

[3]) Das Gebirge um Hallstatt. Abh. d. geol. Reichsanst. VI, 1875 u. 1893 (noch unvollst.). — Die Cephalopoden der mediterranen Triasprovinz. Ebend. X, 1882. — Für die Brachiopoden d. alp. Tr. Vergl. Bittner, Abh. d. geol. R. 1890 u. Nachtr.

dicken, von feinen Radialstreifen durchsetzten Anwachsringen), *Naticella costata* und *Ceratites* (*Tirolites*) *cassianus* (**42**, 1—3). Im obersten Theile der Schichtenfolge treten vielfach lebhaft rothe Schieferletten mit kalkig-mergeligen Einlagerungen auf, die *Myophoria costata*, das Leitfossil unseres Röths, und andere Versteinerungen enthalten.

In Südtirol kann man die ganze Schichtenfolge in zwei Abtheilungen zerlegen: 1. die grauen, dünnschichtigen, sandigen Seiser Schichten mit *Posid. Clarai*, *Pleuromya* (*Myacites*) *fassaensis* etc., und 2. die rothen, thonigen Campiler Schichten mit *Cerat. cassianus*, *Naticella costata*, *Turbo rectecostatus*, *Myophoria* etc. Diese Eintheilung hat auch für die Gegend von Berchtesgaden und Niederösterreich Gültigkeit.

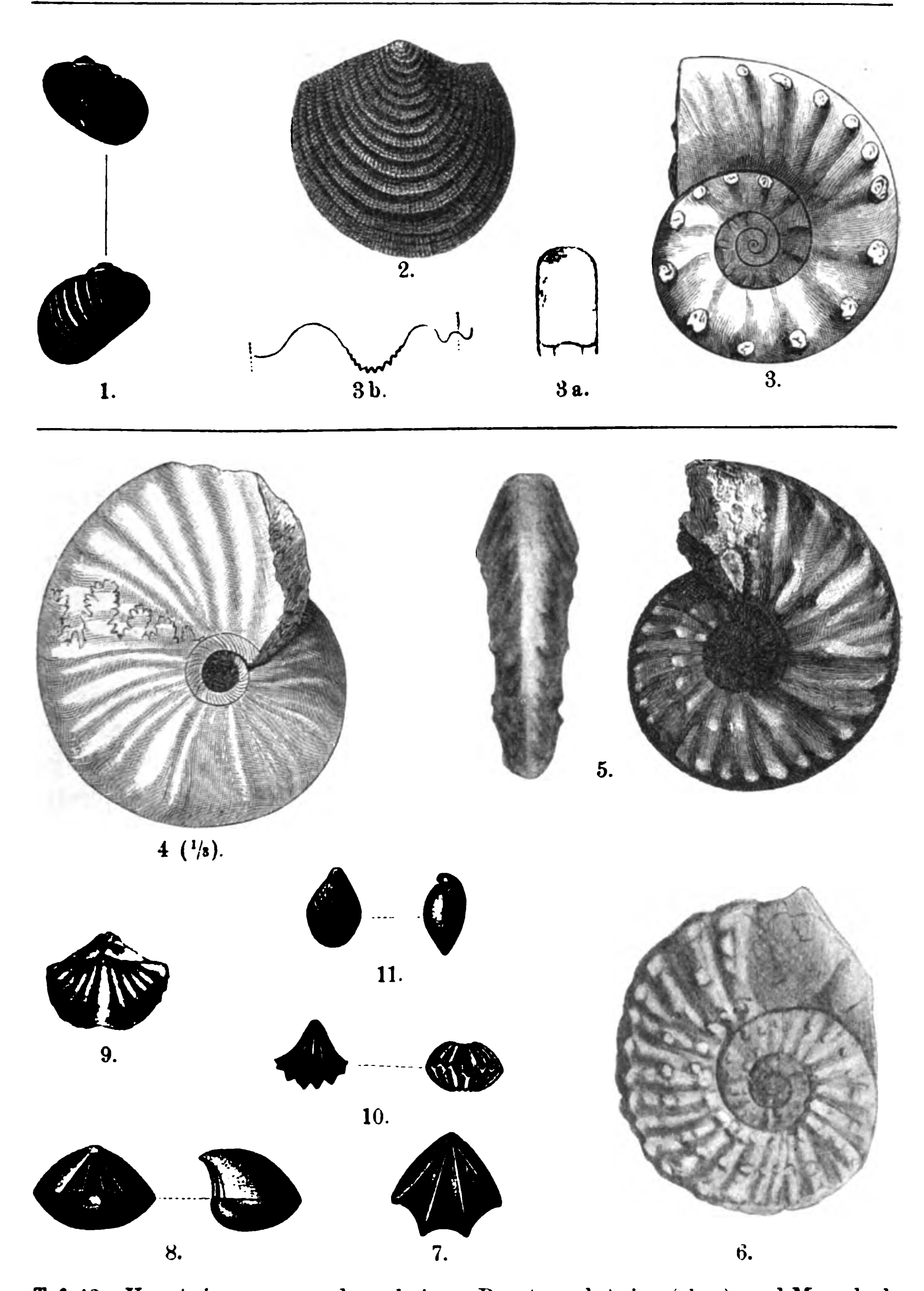
2. Der alpine Muschelkalk.

Die hierher gehörigen kalkigen Gesteine werden mit sehr verschiedenen Namen, als Virgloria-Kalk (nach dem gleichnamigen Pass am Rhätikon), als Recoaro-Kalk, als Guttensteiner und Reiflinger Kalk, als Mendola-Dolomit u. s. w. bezeichnet. Mojsisovics unterscheidet einmal eine normale, meist thonige Sedimentreihe, innerhalb welcher sich wiederum besondere Cephalopoden-, Brachiopoden- und Zweischalerfacies unterscheiden lassen, und zweitens hellfarbige, thonarme Kalke und Dolomite von stockförmiger Entwickelung, nach Mojsisovics alte Korallenriffe.

Der genannte Forscher unterscheidet einen unteren Muschelkalk, die Zone des *Ceratites binodosus*, und einen oberen, die Zone des *Cer. trinodosus* (**42**, 5).

Zur unteren Zone gehören besonders die bekannten brachiopodenreichen Kalke von Recoaro (Vicentin. Alpen) mit *Athyris trigonella*, *Spiriferina Mentzeli*, *Terebratula vulgaris* und *angusta* und anderen auch im Wellenkalk Oberschlesiens, Frankens u. s. w. vorkommenden Arten (**42**, 7—11). Von sonstigen Formen des deutschen Muschelkalks wären aus dieser Zone noch *Gervilleia socialis* und *costata*, *Myophoria vulgaris*, *Pecten discites* und *laevigatus*, *Encrinus liliiformis* und *gracilis* u. a. zu nennen, und auch das Hauptleitfossil der oberen Zone, *Cer. trinodosus* ist, wie schon oben erwähnt, in einem Exemplar im Schaumkalk von Rüdersdorf bei Berlin aufgefunden worden.

Andere bekannte Fundstellen der *binodosus*-Zone sind Dont im Zoldothale und Prags im südöstlichen Tirol sowie Reutte im Lechthale (an der bayer.-tiroler Grenze), wo dunkle, zum Theil hornsteinführende Kalke ausser den genannten Brachiopoden *C. binod.*, *Ptychites Studeri* (**42**, 4) und *dontanus*, *Balatonites balatonicus* (**42**, 6) u. a. Arten ent-



Taf. 42. Versteinerungen des alpinen Buntsandsteins (oben) und Muschelkalks (unten). 1. *Naticella costata* Münst. 2. *Avicula (Posidonia) Clarai* Emmr. 3. *Ceratites (Tirolites) cassianus* Quenst. 3 a. Querschnitt eines Windungsstückes. 3 b. Sutur. 4. *Ptychites Studeri* v. Hau. 5. *Ceratites trinodosus* Mojs. 6. *Balatonites balatonicus* v. Mojs. 7. *Athyris trigonella* Schloth. 8. *Spiriferina Mentzeli* Dunk. 9. *Spiriferina fragilis* Schloth. 10. *Rhynchonella decurtata* Girard. 11. *Terebratula angusta* Schl.

halten. Der gleichen Zone gehören die gelben Plattenkalke des Bakonyer Waldes in Ungarn an.

Eine der reichsten alpinen Fundstellen der *trinodosus*-Zone bildet die Schreyer Alpe bei Hallstatt, wo rothe Marmorkalke eine Fülle von Ammoniten (ausser *Cer. trinodosus Ptychites flexuosus* und *megalodiscus, Gymnites Humboldti* u. a., *Sturia Sansovinii*, Arten von *Monophyllites, Megaphyllites, Meekoceras, Acrochordiceras, Pinacoceras* etc.) enthalten. Eine ganz ähnliche, aber noch reichere Cephalopodenfauna gleichen Alters ist in neuerer Zeit von Han Bulog bei Sarajewo in Bosnien bekannt geworden [1]). Das dort vorkommende *Acrochordic. Damesi* hat sich auch im unteren Muschelkalk Niederschlesiens gefunden.

Bei Reutte sind schwarze Kalke der *trinodosus*-Zone entwickelt, während dieser Horizont in Südtirol und der westlichen Lombardei durch hellfarbige Dolomite (bei Bozen den sogen. Mendola-Dolomit mit *Gyroporella pauciforata*) vertreten wird.

Ausser den beiden genannten Zonen aber ist in neuester Zeit in den Vicentiner Alpen noch ein dritter dem Muschelkalk angehöriger Horizont nachgewiesen worden: die durch das Auftreten von Ceratiten aus der Gruppe des deutschen *C. nodosus*, insbesondere den bei uns nicht seltenen *C. Münsteri* (**39**, 3) ausgezeichnete Zone der Nodosenschichten [2]).

Nach Tornquist, dem diese wichtige Entdeckung zu verdanken ist, liegen im Vicentinischen über den hellen brachiopodenreichen Recoaro-Kalken die der Zone des *C. trinodosus* entsprechenden dunklen Kalke mit *Sturia Sansovinii*. Darüber folgt zunächst der sogen. Spitzkalk mit Diploporen (*annulata* [**43**, 14] u. a.), *Athyris trigonella*, einigen Schnecken, Zweischalern u. s. w., dann rothe, kieselig-tuffige Kalke mit *Cer. Münsteri*, aff. *nodosus, vicentinus* etc., *Arpadites Arpadis* (**43**, 11), *Hungarites, Ptychites, Protrachyceras, Nautilus, Daonella Taramellii, Lima, Rhynchonella, Athyris* u. s. w. Tornquist parallelisirt die letztgenannten Kalke den Nodosen-Schichten, den Spitzkalk aber den Trochiten-Schichten des oberen deutschen Muschelkalks. In Südtirol entsprechen den genannten Ablagerungen nach demselben Forscher die bunten, meist tuffigen Buchensteiner Schichten; und zwar sollen die unteren Buchensteiner Schichten mit *Protrachyceras Curionii* dem Spitzkalk, die oberen mit *Daonella Taramellii* dagegen den Kalken mit *Cer. Münsteri* gleichstehen.

Darnach würde also jetzt folgende Gliederung des alpinen Muschelkalks anzunehmen sein:

---

[1]) v. Hauer, Cephalop. d. bosn. Muschelk. Denkschr. d. Wien. Akad. 1887—1896.

[2]) Tornquist, D. vicent. Triasgeb. S. 109 ff. Die jetzt als *C. Münsteri* bezeichnete Form wurde von Tornqu. früher *subnodosus* Münst. genannt.



3. Zone des *Ceratites Münsteri*,
2. „ „ „ *trinodosus*,
1. „ „ „ *binodosus*.

II. Obere alpine Trias.

1. Ladinische Stufe Bittn. (= norisch Mojs.)[1].

In typischer Entwickelung treten Ablagerungen dieser Stufe in Südtirol auf. Ueber den Buchensteiner Schichten folgen dort ausgedehnte Ströme und Decken von Augitporphyr und Tuffe, die nach oben in tuffige Schiefer, Sandsteine und Kieselkalke übergehen: die nach dem Dorfe Wengen so benannten Wengener Schichten mit *Daonella Lommeli* (**43**, 1) als Hauptleitfossil. Marie Ogilvie, welche das in Betracht kommende Gebiet in neuerer Zeit am eingehendsten studirt hat[2], unterscheidet untere Wengener Schichten mit *D. Lommeli* und der Flora von Corvara, und obere mit *Posid. Wengensis*.

Darüber folgen sodann die berühmten Schichten von St. Cassian, graue oder bräunliche tuffige Mergel, deren überaus reiche, wenn auch fast ausschliesslich aus ganz kleinen Arten bestehende Fauna schon frühzeitig die Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat[3]. Ausser einem Heer von Gastropoden finden wir hier eine Masse von Brachiopoden und Zweischalern, eine ganze Reihe von Ammoniten, zahlreiche Spongien, Seeigel, Korallen u. a. Als Zonenfossil betrachtet Mojsisovics *Trachyceras aon* (**43**, 2); andere häufige und bezeichnende Arten sind *Trachyc. Münsteri* u. a., *Megaphyllites jarbas*, *Lobites pisum* und *delphinocephalus* (**43**, 3), *Cassianella gryphaeata* (**43**, 9), *Cardita crenata* (**43**, 4), *Nucula lineata* (**43**, 8) und *strigillata*, *Koninckina Leonhardi* (**43**, 7), *Cidaris dorsata* (**43**, 10) und *alata*, *Encrinus cassianus* u. s. w. M. Ogilvie unterscheidet untere Cassianer Schichten mit *Cid. dors.*, *Encr. cass.* etc., mittlere oder Stuores-Schichten mit *Koninck. Leonh.* etc., die die Hauptmasse der Cassianer Schichten umfassen, und obere mit *Ptycho-*

[1]) Ursprünglich nur für den Hallstätter Kalk aufgestellt, ist der Ausdruck norisch später von Mojsisovics auch auf die Wengen-Cassianer Schichten übertragen worden; in Uebereinstimmung mit Bittner halten wir es aber für geboten, den Namen dem Hallst. Kalke zu belassen.

[2]) Quart. Journ. Geol. Soc. Lond. 1893, 1.

[3]) Die zuerst durch den Grafen Münster (Beitr. z. Petrefactenkunde, IV, 1841) und v. Klipstein bearbeitete Fauna ist später von Laube zum Gegenstande einer Monographie gemacht worden (Denkschr. d. Wien. Akad. 1865—1869). Die Gastropoden sind neuerdings von Kittl, die Korallen von Frech und Volz neu bearbeitet worden.

stoma sanctae crucis, *Anoplophora Münsteri* etc. Diesem obersten Niveau werden von der genannten Forscherin auch die Schichten der Seelandalpe und des Falzagerothales, sowie die versteinerungsreichen, bereits

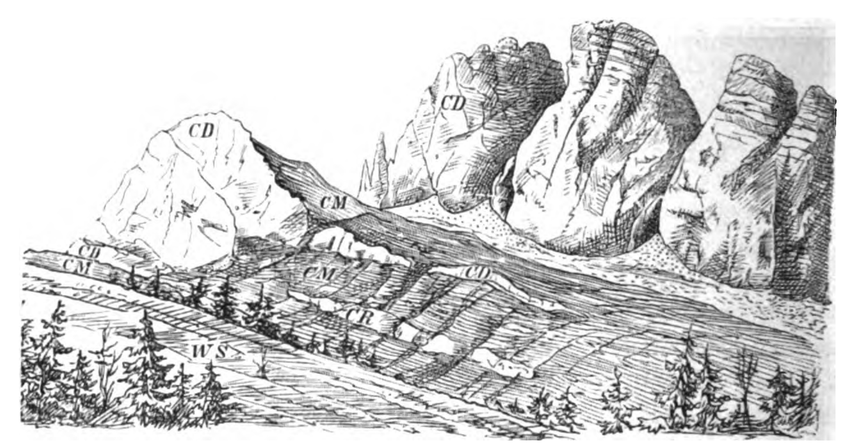


Fig. 60. Ansicht der Dolomitriffe des Sett Sass in Südtirol.
WS Wengener Schichten. *CM* Cassianer Mergel. *CR* Einlagerung von sogen. Cipitkalk. *CD* Ungeschichteter Schlerndolomit. (Links das sogen. Richthofenriff mit zungenförmigen, in die gleichalterigen Mergel eindringenden Ausläufern, rechts der Sett Sass.)

zahlreiche Arten der Raibler-Schichten einschliessenden dunkelgrünen „Pachycardientuffe" der Seiser Alpe [1]) zugerechnet.

In Nordtirol und den bayerischen Alpen entsprechen den genannten Ablagerungen die sandig-thonig-kalkigen (nach der Partnachklamm be-

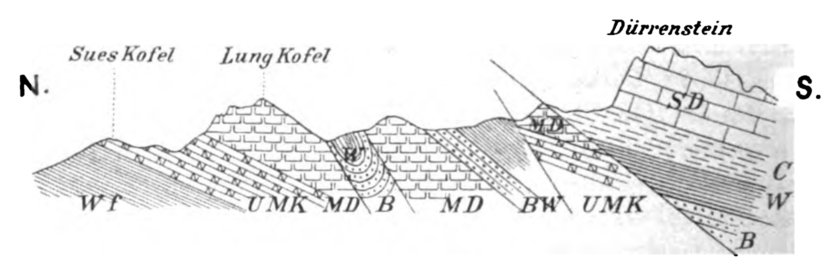
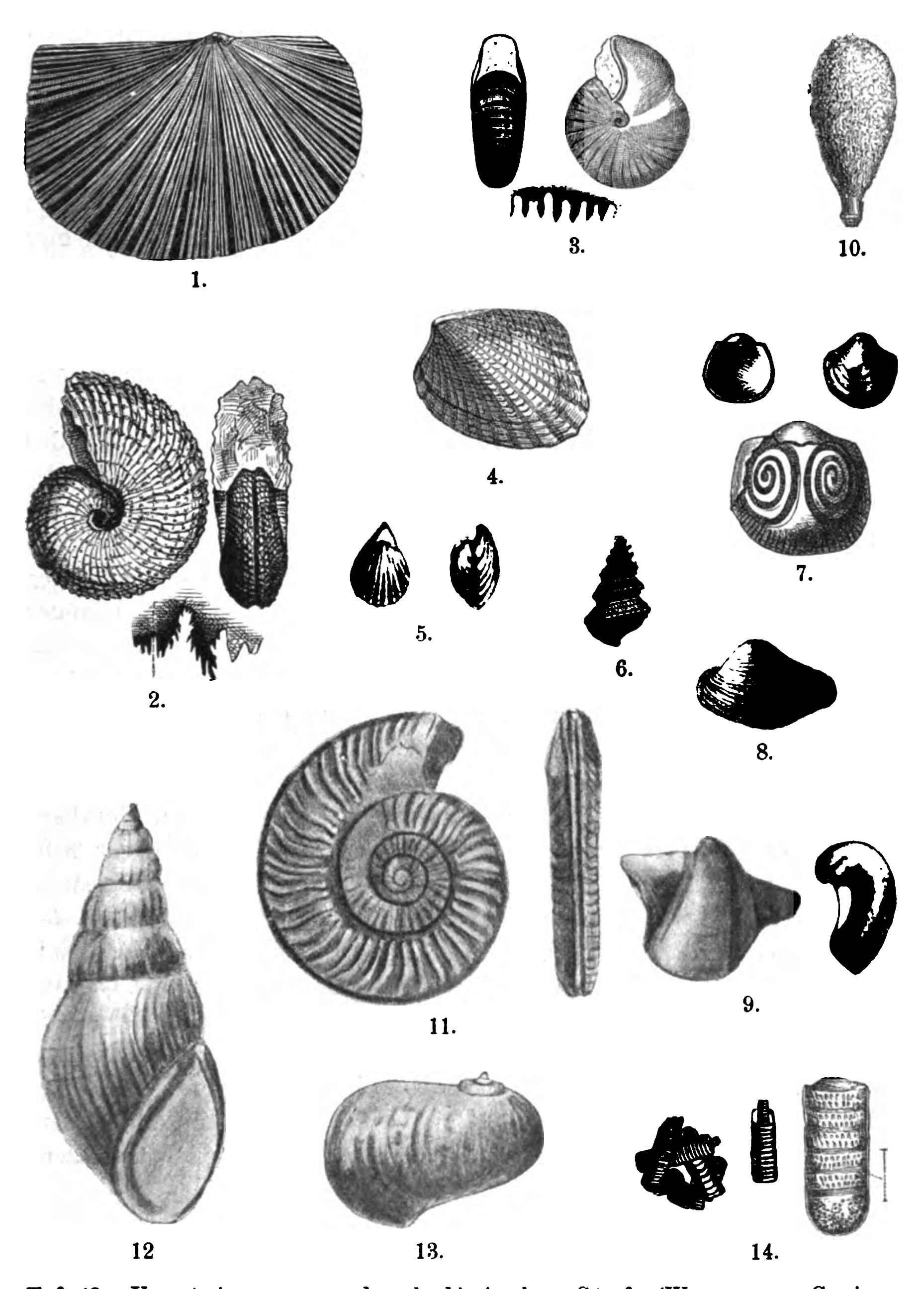


Fig. 61. Profil vom Dürrenstein nach dem Sueskofel bei Altprags im südöstlichen Tirol. Nach Marie Ogilvie-Gordon.
W Werfener Sch. *UMK* Unterer Muschelkalk. *MD* Mendola-Dolomit. *B* Buchensteiner Sch. *W* Wengener Sch. *C* Cassianer Sch. *SD* Schlerndolomit.

nannten) Partnach-Schichten mit der Alge (?) *Bactryllium Schmidi* und wenigen anderen Fossilien (*Koninck. Leonh.*, *Daon. Lomm.* und *parthanensis* etc.) [2]).

[1]) v. Zittel, Sitzungsber. d. bayer. Ak. Bd. 29, 341, 1899.

[2]) Skuphos, Geogn. Jahreshefte IV, 1891.



Taf. 43. Versteinerungen der ladinischen Stufe (Wengener u. Cassianer Sch. u. zugehör. Dolomitfacies). 1. *Daonella Lommeli* Wissm. 2. *Trachyceras aon* Münst. (m. Sutur). 3. *Lobites delphinocephalus* v. Hau. 4. *Cardita crenata* Münst. 5. *Retzia ladina* Bittn. 6. *Murchisonia Blumi* Klipst. 7. *Koninckina Leonhardi* Wissm. 8. *Nucula lineata* Münst. 9. *Cassianella gryphaeata* Münst. 10. Stachel von *Cidaris dorsata* Braun. 11. *Arpadites Arpadis* Mojs. 12. *Chemnitzia Escheri* Hörn. 13. *Natica Meriani* Hörn. 14. *Diplopora annulata* Schafh.

Neben den genannten wohlgeschichteten Mergeln, Kalken, Sandsteinen und Tuffen der Wengener und Cassianer Schichten spielen aber sowohl in den Südalpen als auch in den Nordalpen eine grosse Rolle gewaltige, stock- oder deckenförmige, mehr oder weniger ungeschichtete und dadurch riffartige Kalke und Dolomite, die stellenweise bis zu 1000 m Mächtigkeit anschwellend, an anderen Stellen ganz fehlen können. Zu dieser „Rifffacies" der ladinischen Stufe gehört der bekannte hellfarbige poröse Schlerndolomit und Marmolata-Kalk der Gegend von Bozen, der lombardische Esino-Kalk, sowie der im Wetterstein-, Karwendel- und Kaisergebirge bezw. in Vorarlberg verbreitete hellgraue bezw. schwarze Wetterstein- und Arlberg-Kalk oder -Dolomit. Im Berchtesgadener Gebiet entspricht diesen Kalken der obere Theil des Ramsau-Dolomites, eines blaugrauen lückigen Gesteins, das den ganzen Raum zwischen Raibler Schichten und Reichenhaller Kalk oder auch zwischen Raibler und Werfener Schichten ausfüllend, nicht nur die ladinische Stufe, sondern auch einen grossen Theil oder den ganzen Muschelkalk vertritt. Versteinerungen sind in allen diesen Dolomiten und Kalken selten. Dies gilt insbesondere von Korallen. Viel häufiger sind Kalkalgen, namentlich *Diplopora annulata* (**43**, 14). Ausserdem pflegen darin nur noch grosse Chemnitzien sowie *Natica*- und *Turbo*-artige Schnecken vorzukommen, die aber, vom Esino-Kalk abgesehen (**43**, 12, 13), meist schlecht erhalten sind.

Sind die fraglichen Kalk- und Dolomitklötze wirklich als Riffe zu deuten, so darf man jedenfalls nur an Algen- und nicht an Korallenriffe denken. Richthofen und Mojsisovics haben zu Gunsten der Riffnatur das häufige keil- oder zungenförmige Eingreifen des Riffgesteins in die umgebenden Sedimente (vergl. Fig. 60) sowie die oftmals an den Rändern der Riffe zu beobachtende Blockstruktur und schräg einfallende Uebergussschichtung geltend gemacht. Gümbel, Rothpletz und M. Ogilvie haben sich aber gegen diese Auffassung ausgesprochen. Sie sehen die fraglichen Stöcke zwar auch als eine besondere Facies der Cassianer und Wengener Schichten (und manchmal noch eines Theils des Muschelkalks) an, deuten sie aber nicht als alte Riffe, sondern als durch Verwerfungen begrenzte und abgetrennte Stücke einer ehemals zusammenhängenden Dolomit- oder Kalkdecke.

2. Karnische Stufe.

Ueber den Cassianer Schichten bezw. dem sie vertretenden Schlerndolomit folgt im südöstlichen Tirol eine mergelige, in vielgestaltiger Weise aus dunklen Schiefern, Kalken, Dolomiten, Sandsteinen, Rauchwacken, Gypsen und in den Nordalpen sogar Kohlen zusammengesetzte

Schichtenfolge, die nach dem Dorfe Raibl in Kärnten so benannten Raibler Schichten. Durch ihre weite Verbreitung in den Süd- wie in den Nordalpen und ihre im Gegensatz zu anderen Stufen grosse Beständigkeit bilden sie einen der wichtigsten, wenn nicht den wichtigsten Orientirungshorizont in der alpinen Trias. Ihre überwiegend aus Zweischalern bestehende Fauna hat einen ausgesprochen litoralen Charakter und ist der Cassianer noch sehr ähnlich. Das Zonenfossil Mojsisovics's ist *Trachyceras aonoides.* Andere häufige Arten sind *Myophoria Kefersteini* und *Whatleyae* (**44**, 1 u. 2), *Halobia rugosa* und *Cardita Gümbeli*, welche beide besonders in den gleichaltrigen sogen. Cardita-Schichten der bayerischen Alpen sehr verbreitet sind, ferner *Gervilleia bipartita, Corbis Mellingi* (**44**, 5), *Pecten filosus* u. a. Einige von diesen Arten, insbesondere *Corbula Rosthorni* (**44**, 6) und *Myoph. Keferst.*, sind durch ihr Auftreten auch im deutschen Gypskeuper (vergl. S. 302) bemerkenswerth.

M. Ogilvie gliedert die fragliche, zwischen Schlern- und Dachsteindolomit liegende Schichtenfolge in:

4. Bunte Mergel und Plattendolomite mit *Megalodon triqueter.*
3. Kalke mit *Ostrea montis caprilis.*
2. Kalke mit *Myophoria Kefersteini* etc.
1. Schlernplateau-Sch., örtlich roth gefärbt, mit vielen Cassianer Arten [1]), *Myoph. Kefersteini*, *Trigonodus costatus* und *fissicostata*, *Pachycardia* (**44**, 4) *Haueri, Pecten Zitteli, Pustularia alpina* etc.

Die beiden obersten Glieder entsprechen den sogen. Torer (oder Heiligkreuz-) Schichten von St. Leonhard im Abteithale mit *Ostr. m. capr., Corbis Mellingi* (**44**, 5), *Megalodon* etc.

Auch in der Gegend von Raibl selbst beobachtet man eine ähnliche Aufeinanderfolge:

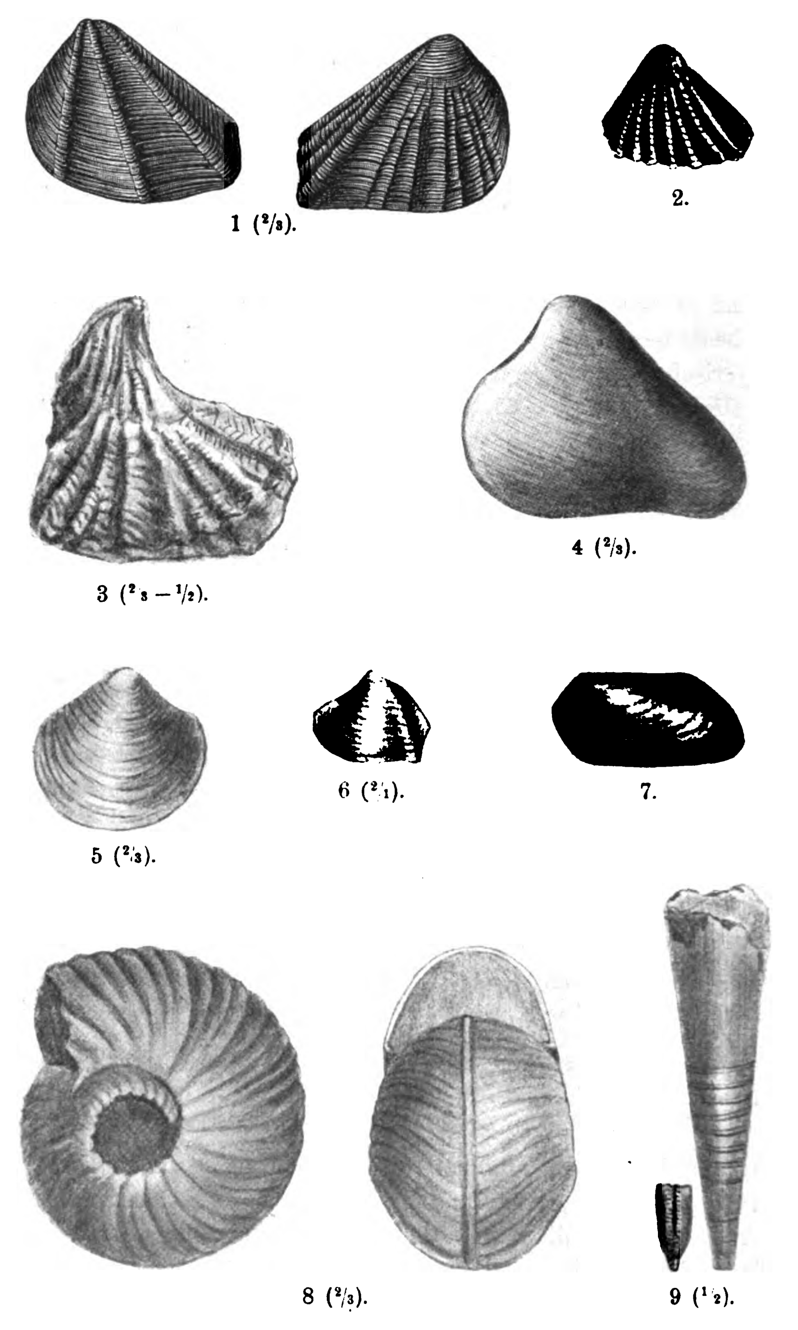
Torer Sch. mit *Ostr. m. capr., Corbula Rosthorni, Pecten filosus* etc.
Eigentl. Raibler Sch. mit *Myoph. Kef., Cardita Gümbeli, Spiriferina gregaria* etc.
Schwarze Mergelschiefer und Kalke mit *Carnites floridus.*
Bitumin. Fischschiefer mit zahlreichen, meist nur hier vorkommenden Fischen, *Trachyc., Daonella Lommeli* und Pflanzen (*Voltzia* etc.).

Unter dieser insgesammt 700 m mächtigen Schichtenfolge liegen etwa 1000 m starke erzführende Dolomite, dann Cassianer Schichten.

An anderen Stellen sind im unteren Theile der Stufe schwarze Schiefer und Sandsteine mit *Pterophyllum Jaegeri, Danaeopsis lunzensis, Clathropsis, Equisetum arenaceum* u. a. Pflanzen entwickelt. So beson-

[1]) Vergl. Deecke, Neues Jahrb. f. Min. Beilageband III, S. 429, 1885. — v. Wöhrmann, Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1888, S. 69; 1889, S. 180.

[1]) Wöhrmann u. Koken, Z. d. d. g. G. 1892, S. 167.



Taf. 44. Versteinerungen der Raibler Schichten. 1. ***Myophoria Kefersteini*** Münst. 2. ***Myoph. Whatleyae*** v. Buch. 3. ***Ostrea montis caprilis*** v. Klipst. 4. ***Pachycardia rugosa*** Münst. 5. ***Corbis Mellingi*** v. Hau. 6. ***Corbula Rosthorni*** Boué. 7. ***Anoplophora recta*** Gümb. 8. ***Tropites subbullatus*** v. Hau. 9. ***Aulacoceras inducens*** Münst.

ders bei Lunz in Niederösterreich, wo dieser „**Lunzer Sandstein**“ eine reiche, viele Arten unseres Kohlenkeupers enthaltende Flora einschliesst. Ueber dem L. Sandstein liegen die **Opponitzer** oder **Ostreenkalke**, Mergel mit *Perna aviculaeformis, Corbis Mellingi*, einer kleinen gefalteten Auster u. s. w.; unter ihnen zunächst die **Reingrabener** oder **Halobienschiefer** mit *Hal. rugosa* und *Carnites floridus*, dann die sandig-mergeligen **Aonschiefer**, die den oben erwähnten Fischschiefern von Raibl entsprechen (vergl. Fig. 62). Es vertreten sich mithin in

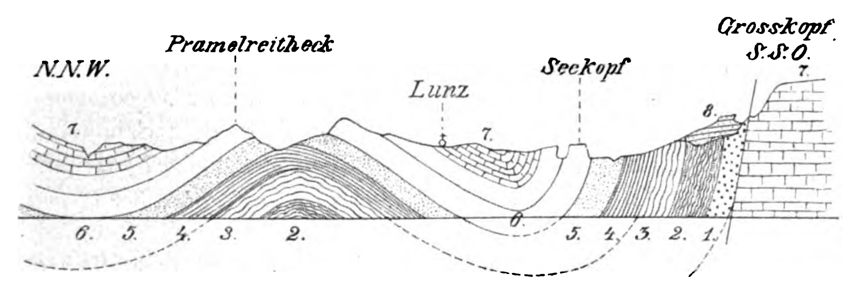


Fig. 62. **Profil durch die Triasschichten der Gegend von Lunz in den niederösterreichischen Alpen.** Nach Bittner.
1 Werfener Schiefer. *2* Guttensteiner Kalk, *3* Reiflinger Kalk (unterer und oberer Muschelkalk). *4* Reingrabener Schichten. *5* Lunzer Sandstein. *6* Opponitzer Kalk (mit Fauna der oberen Raibl. Sch.). *7* Hauptdolomit und Dachsteinkalk. *8* Kreide.

den drei wichtigen genannten Gebieten von Lunz, Raibl und dem südöstlichen Tirol etwa:

L.	R.	s. ö. T.
Opponitzer (Ostreen-) Kalk	Mergel mit *Corb. Rosthorni* Dolomite etc. mit *Megalod.*	*Megalod.*-Mergel u. Ostreen-Kalke d. TorerSch.
Lunzer Sandstein	Raibler Myophorien-Schichten.	
Reingrabener (Halobien-) Sch.	Bleiberg-Schiefer	Schlernplateau-Schichten
Aon-(Trachyceraten-) Schiefer	Fischschiefer	

An die obere Grenze der karnischen Stufe, also ungefähr in das Niveau der Torer Schichten wird jetzt auch Mojsisovics' Zone mit *Tropites subbullatus* (**44**, 8) gestellt. Man kannte diesen Horizont schon lange in den Nordalpen, wo er an der Basis des Dachstein- und Hallstätter Kalks liegt; erst ganz kürzlich aber ist er durch Geyer auch in den Südalpen (S. Stefano in Cadore), und zwar ebenfalls in schwarzen Mergeln im Liegenden des Hauptdolomits nachgewiesen worden.

3. Norische Stufe[1])

(juvavische Stufe Mojs.).

Hierher gehören einige 100 bis über 1000 m mächtige, hellgraue bis weissliche, bald deutlich, bald fast gar nicht geschichtete Kalke und Dolomite, die in den Nord- und Südtiroler, Vorarlberger, Bündner, Lombardischen und Vicentiner Alpen unmittelbar über den Raibler Schichten liegend, als Hauptdolomit oder (nach dem Dachsteingebirge) als Dachsteinkalk oder -dolomit bezeichnet werden. Versteinerungen sind in diesen Gesteinen im Allgemeinen selten. Am häufigsten finden sich Steinkerne der grossen Zweischalergattung *Megalodon*, *M. Gümbeli, complanatus* u. a., die meist unter dem alten Sammelnamen *M. triqueter* aufgeführt werden (vergl. den nahestehenden *scutatus* [46, 1]). Ausser ihnen sind noch zu erwähnen *Turbo solitarius* (46, 3), *Gervilleia exilis* (46, 2) und Gyroporellen (*G. vesiculifera*).

Als eine besondere, örtliche Facies gehören hierher die rothen cephalopodenreichen knolligen Marmorkalke von Berchtesgaden, Hallstatt, Aussee u. s. w., die seit langer Zeit als Hallstätter Kalk bekannt sind. Als Hauptleitfossil betrachtet man *Pinacoceras Metternichi* (45, 3). Andere wichtige Formen dieser reichen Fauna sind *Cladiscites tornatus* (45, 1) und *Gaytani, Arcestes gigantogaleatus* (45, 4) und *intuslabiatus*, *Orthoceras* (45, 2) *dubium*; ferner Arten von *Megaphyllites, Ioannites, Trachyceras, Nautilus* u. s. w., während von Vertretern anderer Thiergruppen *Monotis salinaria* (45, 5) und *Rhynch.* (*Halorella*) *amphitoma* (45, 6) genannt seien.

Mojsisovics hat die fraglichen Kalke bis vor kurzem erheblich tiefer gestellt und als Aequivalente der Buchenstein-Wengen-Cassianer Schichten betrachtet. Erst neuere Untersuchungen haben ergeben, dass sie ihre Stellung in der Nähe der oberen Grenze der Trias haben und etwa dem Dachsteinkalk entsprechen. In der That kennt man aus beiderlei Bildungen schon eine ganze Reihe von gemeinsamen Arten, wie *Pinac.* cf. *Metternichi, Cladisc. multilobatus, Monophyllites eugyrus, Mon. salinaria*, *Halor. amphitoma* u. a.[2]). Auch das oben erwähnte Vorkommen von *Trop. subbullatus* im Liegenden sowohl des Hallstätter Kalks als auch des Hauptdolomits der Südalpen beweist die Aequivalenz beider Gebilde.

Im vicentinischen Gebiet, wo Ablagerungen der ladinischen und

[1]) Vergl. Anm. S. 315.

[2]) Böse, Z. d. d. g. G. 1898, S. 564.

karnischen Stufe fehlen, beginnt der Hauptdolomit mit Conglomeraten, die unmittelbar auf Muschelkalk aufliegen.

Bei Seefeld und an anderen Punkten im nördlichen Tirol treten im Hauptdolomit bituminöse Mergelschiefer mit zahlreichen Fischabdrücken (*Semionotus*, *Lepidotus* etc.), die Seefelder oder Asphaltschiefer auf. Als ein anderes bemerkenswerthes Vorkommen seien die Starhemberg-schichten (nach dem gleichnamigen Schloss unweit Piesting in Nieder-österreich), Einlagerungen von brachiopodenreichem Kalk mit *Rhynchonella fissicostata* u. s. w. im Hauptdolomit genannt.

4. Rhätische Stufe.

Ueber den gewaltigen beschriebenen Kalk- und Dolomitmassen folgen überall in den Nordalpen, aber auch an einigen Stellen von Süd-tirol (Lienz), in Judicarien, den Brescianer und Lombardischen Alpen u. a. O. dunkle, leicht verwitternde Kalke, Mergel und Schieferthone, die sogen. Kössener Schichten oder die Zone der *Avicula contorta*. Sie enthalten eine reiche, besonders aus Zweischalern und Brachiopoden bestehende Fauna. Neben dem genannten Hauptfossil (**46**, 4) seien als häufige und verbreitete Arten noch *Gervilleia inflata* (**46**, 6), *Protocardium rhaeticum* (**46**, 5), *Modiola minuta, Anatina praecursor, Terebratula gregaria* (**46**, 8) und *norica* (**46**, 7), die grosse *Athyris oxycolpos* (**46**, 9), *Rhynchonella fissicostata*, *Spiriferina uncinata* (**46**, 10), *Choristoceras Marshi* u. s. w. genannt [1]).

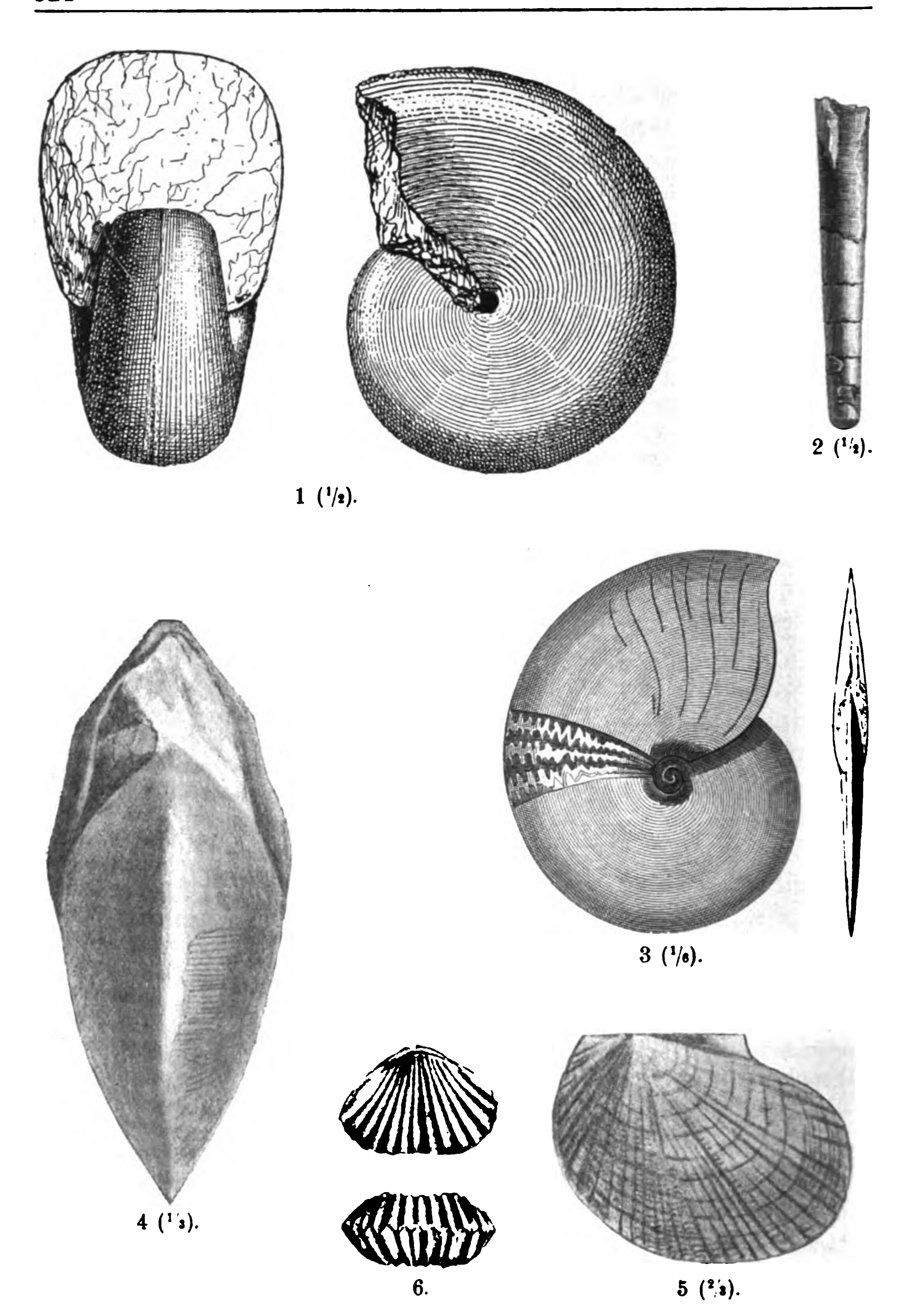
Oertlich entwickeln sich mitunter kleine Korallenlager, die sogen. Lithodendronkalke mit *Thecosmilia clathrata*, *Thamnastraea rhaetica* u. s. w., die dem Dachsteinkalk sehr ähnlich sind und von Gümbel als oberer Dachsteinkalk bezeichnet wurden, jetzt aber als rhätischer Kalk aufgeführt werden.

Die rhätische Fauna hat dadurch, dass sie nicht blos auf die Alpen beschränkt, sondern mit einer Menge identer Arten über ganz Westeuropa verbreitet ist, eine grosse Wichtigkeit. Die mehr oder weniger vollständige, bis dahin zwischen dem alpinen und dem germanischen Triasgebiete bestehende Trennung muss damals aufgehört haben. Es traten für ganz West- und Südeuropa wesentlich übereinstimmende Absatzverhältnisse ein, die zum grossen Theil auch während der darauf folgenden Juraperiode fortgedauert haben.

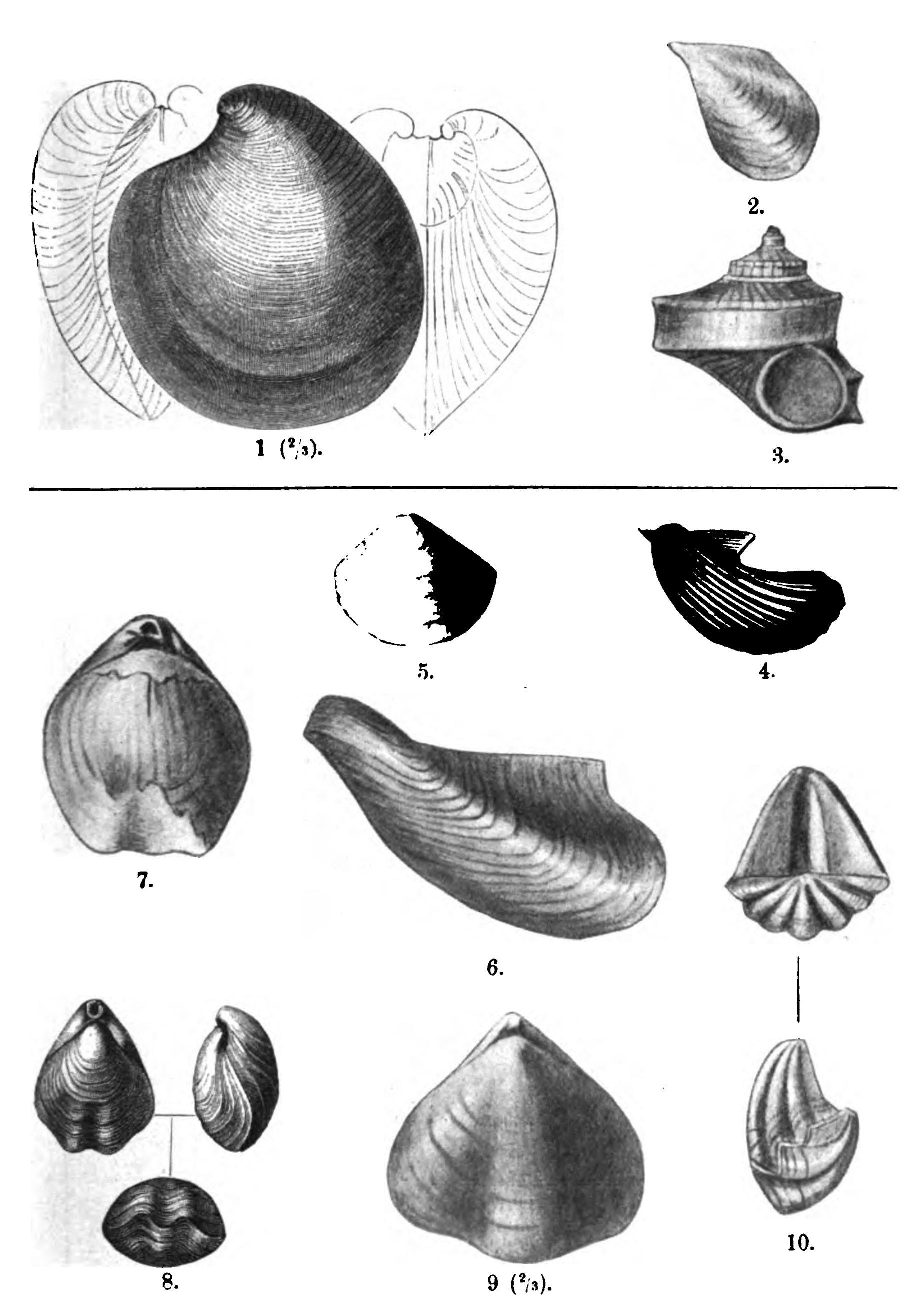
---

[1]) Vergl. v. Dittmar, Die *Contorta*-Zone, 1864.





Taf. 45. Versteinerungen des Hallstätter Kalks. 1. *Cladiscites tornatus* Bronn. 2. *Orthoceras lateseptatum* v. Hau. 3. *Pinacoceras Metternichi* v. Hau. 4. *Arcestes gigantogaleatus* Mojs. 5. *Monotis (Pseudomonotis) salinaria* Schloth. 6. *Halorella amphitoma* Bronn.



Taf. 46. Versteinerungen des Hauptdolomits bezw. Dachsteinkalks (1—3) und der Kössener Schichten (4—10). 1. *Megalodon scutatus* Schafh. 2. *Gervilleia exilis* Stopp. 3. *Turbo solitarius* Benecke. 4. *Avicula contorta* Portl. 5. *Protocardium rhaeticum* Mer. 6. *Gervilleia inflata* Schafh. 7. *Waldheimia norica* Suess. 8. *Terebratula gregaria* Suess. 9. *Athyris oxycolpos* Suess. 10. *Spiriferina uncinata* Schafh.

Gliederung der alpinen Trias.

Stufeneintheilung	Nordalpen	Südalpen	Ungefähre Aequivalente der deutschen Trias
Rhätische Stufe	Kössener Schichten und Rhätkalke	Kössener Schichten	Rhätkeuper
Norische Stufe	Dachsteinkalk, Hauptdolomit und Hallstätter Kalk	Hauptdolomit bezw. Dachsteinkalk	Steinmergelkeuper
Karnische Stufe	Opponitzer und Ostreen-Kalk Lunzer Sandstein / Reingrabener Schiefer / Aon-Schiefer | Cardita-Schichten	Torer und Heiligkreuz-Sch. Haupt-Raibler Sch. Sogen. Schlernplateau-Sch.	Haupt- oder Gypskeuper
Ladinische Stufe	Ramsau-Dolomit (Ladinische Stufe und Alp. Muschelkalk) Partnach- und Reiflinger Kalk Sogen. Riff-Facies: Wetterstein-, Arlberg-Kalk u. Dolomit.	Sogen. Riff-Facies: Schlerndolomit, Marmolata-, Esino-Dolomit St. Cassianer Schichten Wengener Sch.	Kohlenkeuper
Alp. Muschelkalk	Cephalopoden-Kalk von Reutte u. Gr. Reiflingen Guttenstein. u. Reichenhall. Kalk Schreyer Alm-Kalk	Buchenstein. Kalke und Tuffe | Nodosenkalk / Spitzkalk des Vicentin Zone des *C. trinodosus* | Mendola-Dolomit Zone des *Cerat. binodosus*	Muschelkalk
Alp. Buntsandstein	Werfener Schiefer	Werfener Schiefer: Campiler Sch. / Seiser Sch.	Buntsandstein

2. Triassische Ablagerungen von alpiner Ausbildung ausserhalb der Alpen.

Wie schon oben hervorgehoben, sind Triasbildungen von alpinem Charakter auch ausserhalb der Alpen über gewaltige Flächen verbreitet. Im Ganzen kann man folgende Hauptverbreitungsgebiete unterscheiden: 1. das mediterrane, 2. das südasiatische, 3. das paläarktische, 4. das westamerikanische und 5. das australische.

Mediterrangebiet.

Zu diesem gehören ausser den Alpen der Apennin, Sicilien, Sardinien, die Balearen, Spanien, die Karpathen, der Balkan, Kleinasien u. s. w.

Der Bakonywald und ein paar bei Sarajewo gelegene bosnische Oertlichkeiten sind bereits oben als reiche Fundstätten von Muschelkalkversteinerungen genannt worden; ebenso die rumänische Dobrudscha, Ligurien und Sardinien als Gegenden, wo Muschelkalk von deutscher Entwickelung in den Bereich der alpinen Trias eingreift. So treten z. B. auf Sardinien Kalke mit *Ceratites* aff. *evolutus* — eine Art unserer Nodosen-Sch. —, *Encrin. liliif.*, *Terebr. vulg.* etc. auf, eingeschaltet zwischen Werfener Schiefer und Wengener Schichten mit *Halobia Lommeli* [1]).

In Kleinasien sind am Golf von Ismid (Marmara-Meer) Werfener Schiefer und Muschelkalk mit vielen Cephalopoden, bei Balia Maden (Mysien) Schiefer mit Halobien und Brachiopodenkalke der oberen Trias nachgewiesen [2]).

Auch die kleine, von rothen Sandsteinen und Mergeln unterlagerte Kalkscholle des Bogdoberges in der südrussischen Kirgisensteppe mit *Balatonites bogdoanus*, *Tirolites cassianus* etc. bildet eine Zubehör der alpinen Trias (Buntsandstein).

Südasiatisches Gebiet.

Hierher gehört in erster Linie die durch die Arbeiten von Griesbach, W. Waagen, Mojsisovics, K. Diener u. A. bekannt gewordene Trias der indischen Salt Range und des Himalaya.

In der Salt Range folgen über dem permischen *Productus*-Kalk (s. S. 261) die kalkigen Ceratitenschichten. Nach den neuesten Beobachtungen Nötling's [3]) zerfallen sie in unteren Ceratitenkalk, Ceratiten-

[1]) Tornquist, Centralbl. f. Min. 1901, 385.
[2]) Toula, N. Jahrb. f. Min. 1898, I, 26.
[3]) N. Jahrb. f. Min. Beilageband XIV, 1901.

mergel und obere Ceratitenschichten. Die durch zahlreiche grosse Ceratitiden (*Flemingites*, *Koninckites* etc.) ausgezeichnete Schichtenfolge steht dem Buntsandstein gleich.

Während in der Salt Range jüngere Triasablagerungen fehlen, finden wir im Himalaya eine sehr viel vollständigere Entwickelung der Formationen. Der Buntsandstein ist hier durch die *Meekoceras*- sowie die *Hedenströmia*-Sch. Nötl. (= *Subrobustus*-Sch. Dien.) vertreten; der Muschelkalk durch Schichten mit *Sibirites* und *Ptychites*. Dann ist nach Mojsisovics eine Lücke anzunehmen, da die nächstjüngeren Schichten mit *Trachyceras*, *Tropites* und Daonellen der karnischen Stufe, die darüber folgenden aber der obersten Trias entsprechen [1]). Im östlichen Pamir treten im oberen Niveau der Trias Schichten mit *Monot. salinaria* und Halorellen auf.

Im Allgemeinen ist die indische Trias derjenigen der Alpen sehr ähnlich. Mehrere Species und viele Gattungen sind beiden gemein; so von Ammoneen *Halorites*, *Tropites*, *Trachyceras*, *Pinacoceras*, *Arcestes*, *Cladiscites*, *Joannites*, *Megaphyllites*, *Lobites* u. a. m. Immerhin zeigt die indische Trias manche Besonderheiten. So ist die Gattung *Flemingites* und andere ihr eigenthümlich, während die mediterrane Gattung *Tirolites* dem indischen Buntsandstein fehlt, u. s. w.

Auch weiter nach Westen und Osten zu, in Afghanistan, in Tongking, auf der Insel Rotti u. a. sind obertriassische Ablagerungen bekannt geworden — auf Rotti mit Daonellen, Halobien und *Mon. salinaria*.

Palaearktisches Gebiet.

Zu diesem gehören vor allem eine Reihe ostsibirischer Vorkommen: die Mündung des Olenek (im Westen der Lena), das Gebiet des Ussuri (eines südlichen Nebenflusses des Amur), die Umgebung von Wladiwostok, das Werchojansk-Gebirge, die neusibirischen Inseln; ferner Japan und weit im Westen der genannten Gegenden Spitzbergen und die Bäreninsel [2]).

Wie wir schon in Indien als Vertreter der cephalopodenarmen Werfener Schichten der Alpen ammonitenreiche Kalke fanden, so auch in Sibirien. Dem Buntsandstein gehören am Olenek und Ussuri-Golf die *Proptychites*- und *Subrobustus*-Schichten mit *Proptychites*, *Meekoceras*, *Ceratites* etc. an, dem Muschelkalk Schichten mit *Monophyllites*, *Hungarites*, *Ptychites*, *Acrochordiceras* etc. Aequivalente der ladinischen

[1]) Vergl. besonders Mojsisovics, Beitr. z. Kenntn. d. obertriad. Cephalopodenfaunen des Himalaya. Denkschr. d. Wien. Akad. 1896.

[2]) Vergl. Mojsisovics, Arktische Triasfaunen. Mém. Ac. St. Pétersb. 1886. — Diener, Triad. Cephal.-Faunen Ostsibir. Mém. Com. géol. St. Pétersb. 1895.



und karnischen Stufe sind in den genannten Gegenden unbekannt; dagegen sind dort wie auch in Japan Ablagerungen mit *Pseudomonotis ochotica,* die Mojsisovics der norischen Stufe zurechnet, sehr verbreitet.

Die triassischen Ablagerungen Spitzbergens bestehen aus dunklen Kalken mit *Posidonia, Ceratites, Meekoceras, Daonella* etc. Auch auf der Bäreninsel handelt es sich um ähnliche, aber mehr sandige Schichten mit *Daonella* (cf. *cassiana* Mojs.), *Myophoria, Lima, Pecten, Trachyceras* etc., die unmittelbar auf marinem Obercarbon lagernd, der ladinischen oder karnischen Stufe anzugehören scheinen.

Amerikanisches Gebiet.

Diesem fallen zu die triassischen Ablagerungen von Alaska, Brit.-Columbien, Californien, den Staaten Idaho und Nevada, Columbien und Peru.

Eine der auffälligsten Erscheinungen dieser Gegenden bildet das Vorhandensein der oben aus Sibirien erwähnten Schichten mit *Pseudom. ochotica,* bezw. der dieser sehr nahestehenden *subcircularis*, auch im ganzen amerikanischen Gebiet, von Alaska bis nach Peru. Nicht weniger überraschend ist ferner die weitgehende Uebereinstimmung der reichen obertriassischen, durch Gabb, Hyatt und Perrin Smith bekannt gewordenen Faunen Californiens (Plumas und Shasta county) mit solchen der ladinischen, karnischen und norischen Stufen der Alpen. *Tropites subbullatus* (**44**, 8), *torquillus* Mojs., *Trachyceras* cf. *aon* u. aff. *archelaus, Polycyclus Henseli* Oppel, *Nannites, Sagenites, Juvavites* etc., ferner *Nautil. triadicus* Mojs., *Halobia Lommeli* und *Mon. salinaria* kennzeichnen diese Uebereinstimmung zur Genüge [1]). Weit geringer scheint die Verbreitung untertriassischer Ablagerungen zu sein. Sie sind bis jetzt nur aus dem Westen der Vereinigten Staaten bekannt, wo die von C. A. White beschriebenen *Meekoceras*-Schichten von Idaho gleich den ähnlichen Ablagerungen der indischen Salt Range dem Buntsandstein, die St. Anna-Kalke (Calif.) dagegen dem Muschelkalk anzugehören scheinen.

Australisches Gebiet.

Die hierher gehörenden Bildungen Australiens, Neuseelands und Neucaledoniens sind noch wenig bekannt. Man weiss nur, dass die durch ganz Amerika und Sibirien verbreiteten Schichten mit *Pseudom. ochotica* auch hier vertreten sind und, wie anderweitig, auf einen sehr hohen Horizont der oberen Trias hinweisen.

---

[1]) P. Smith, Journ. of Geol. Chicago, v. III, 369; IV, 385; VI, 776.



Mojsisovics hat vor einiger Zeit eine vortreffliche Uebersicht über alle bis jetzt bekannten exotischen Vorkommen von pelagischer Trias veröffentlicht [1]). Er führt aus, dass sowohl die triassischen Schichten des Mediterrangebietes wie auch die Indiens Absätze eines und desselben Ablagerungsbeckens darstellen, jener „Thetys“, die schon in paläozoischer und auch in nachtriassischer Zeit bestanden hat. Auch die südostasiatischen Triasbildungen können diesem Meere zugerechnet werden, und ebenso darf die germanische Muschelkalksee als ein flacher Ausläufer der Thetys betrachtet werden.

Anders verhält es sich mit den pelagischen Triasgebilden Ostsibiriens, Japans, Amerikas und Australiens, die einer besonderen zweiten, der arktisch-pacifischen Triasprovinz angehören. Diese Region ist besonders durch die Verbreitung von Schichten mit *Pseudomonotis ochotica* bezw. *subcircularis* gekennzeichnet.

Ein anderes bemerkenswerthes Ergebniss der Darlegung des Wiener Forschers betrifft die sehr viel grössere Verbreitung der jüngeren als der alttriassischen Ablagerungen. Während pelagische Buntsandsteinäquivalente ausserhalb des Mediterrangebietes nur aus Indien, Sibirien und Idaho bekannt sind, treffen wir obertriassische Schichten in ungeheurer Verbreitung fast in der ganzen Umrandung des Pacifischen Oceans an.

Paläontologischer Charakter der Triasformation.

Die triassische Flora schliesst sich im Ganzen nahe an die des Zechsteins an. Sie besteht vorherrschend aus Cycadeen und Coniferen. Unter den ersten wären als besonders verbreitet *Pterophyllum* (**41**, 1 — mit parallelen, gleichstarken Nerven auf den Fiedern), *Nilssonia* (mit einzelnen stärker vortretenden Nervenrippen), *Zamites*, *Dioonites* etc., unter den letzten namentlich die Gattung *Voltzia* (mit *heterophylla* [**37**, 1], der wichtigen Leitform des Röth) zu nennen. Auch einige Farne, wie *Anomopteris*, *Caulopteris*, *Taeniopteris* sind von Wichtigkeit, während von sonstigen Gefässkryptogamen nur noch Equisetaceen, darunter nament-

---

[1]) Denkschr. d. Wien. Akad. Bd. LXIII, 1896. In dieser Abhandlung, wie schon in einer Veröffentlichung vom Jahre vorher (Mojsis., W. Waagen u. Diener, Sitzungsber. d. Wien. Akad. Bd. CIV, 1) stellt Verf. eine neue Eintheilung der pelagischen Trias der Erde auf. Es werden vier Hauptabtheilungen unterschieden: 1. die scythische (= Werfen. Sch.), 2. die dinarische (= Z. d. *Cerat. binod.* u. *trinod.*), 3. die tirolische (= ladin. u. karn. St.) und 4. die bajuvarische (= norische u. rhät. St.). Jede dieser „Serien“ wird wieder in verschiedene Stufen und diese in Unterstufen zerlegt, die mit grösstentheils neuen Namen belegt werden, in Betreff welcher auf die genannten Arbeiten verwiesen werden muss.



lich *Equisetum* (*Mougeoti* und *arenaceum* [41, 2] im Buntsandstein und Keuper) eine Rolle spielen. Als grosse Seltenheit kommt im deutschen Buntsandstein noch eine *Sigillaria* vor, die der schon im Perm nur noch allein vertretenen Gruppe der leiodermen Subsigillarien angehört. Unter den Meerespflanzen wären endlich gewisse Kalkalgen (*Gyroporella, Diplopora* [43, 14]) wegen ihrer grossen Bedeutung für den Aufbau der sogen. Riffkalke der Alpen zu erwähnen.

In der Fauna ist unter den Spongien ausserhalb der Alpen nur *Rhizocorallium jenense* mit seinen cylindrischen, schlangenförmig gebogenen, die Schichtflächen des Muschelkalks bedeckenden Wülsten wichtig, während in den Alpen, namentlich bei St. Cassian, Kalkschwämme aus der Gruppe der Pharetronen nicht selten sind.

Dass die bis jetzt als ausschliesslich paläozoisch betrachteten Stromatoporiden auch in die Trias (*Lithophora*) und noch höher aufsteigen, ist erst in allerletzter Zeit durch Tornquist nachgewiesen worden.

Korallen kommen ausseralpin nur im Muschelkalk, und auch hier nur als Seltenheiten vor; in den Alpen sind sie viel verbreiteter, namentlich in den obertriassischen Kalken.

Die paläozoischen Tetracorallien und Tabulaten sind bis auf wenige Cyathophylliden, Zaphrentiden, *Chaetetes, Araeopora* und einige andere verschwunden. Die herrschenden Formen sind echte Korallen (Hexacorallien) aus den Familien der Astraeiden (*Thecosmilia, Montlivaultia, Isastraea*) und Thamnastraeiden (*Thamnastraea, Omphalophyllia* u. a.)

Unter den Crinoiden begegnen wir nur articulaten Formen, während die tesselaten Paläocrinoiden bereits gänzlich verschwunden sind. Die Gattung *Encrinus* ist als die wichtigste zu nennen (*gracilis* und *Carnalli*) im unteren, *liliiformis* [40, 2] im oberen Muschelkalk, *cassianus* etc. bei St. Cassian).

Unter den Echinoiden, die alle zu der Abtheilung der Regulären gehören, wäre besonders *Cidaris* (sehr artenreich bei St. Cassian) zu nennen.

Unter den Mollusken ist als besonders bemerkenswerth hervorzuheben das Zurücktreten der Brachiopoden gegen die von jetzt an herrschenden Conchiferen. Im Uebrigen zeigt gerade die triassische Brachiopodenfauna noch viele paläozoische Anklänge. Neben zahlreichen Spiriferinen (46, 10) finden wir hier die letzten Vertreter der wichtigen paläozoischen Gattungen *Cyrtina, Retzia* (43, 5) und *Athyris* (diese letzte noch mit über 30 Arten: *trigonella* [42, 7] im deutschen und alpinen Muschelkalk, *oxycolpos* [46, 9] in der rhätischen Stufe). Der Trias eigenthümlich ist die jetzt zu den Spiriferiden (früher in die Nähe von *Productus*) gestellte Gattung *Koninckina* (43, 7) und ein paar andere. Eine andere interessante Erscheinung sind in der alpinen Obertrias einige

Species von *Thecidium*, einem sich erst in späteren Formationen artenreicher entwickelnden Geschlechte. Die verbreitetsten Gattungen sind in der Trias, wie in allen mesozoischen Formationen, *Terebratula* (*vulgaris, angusta, gregaria, norica* etc.) und *Rhynchonella*.

Die Conchiferenfauna ist, namentlich im Vergleich mit den paläozoischen Formationen, reich und mannigfaltig. Unter den Einmusklern sind besonders die Gattungen *Pecten, Hinnites, Lima, Monotis, Halobia, Daonella* etc., unter den Zweimusklern *Gervilleia, Myophoria* (in und ausserhalb der Alpen ungemein formenreich), *Anoplophora, Cardita, Megalodon* (nur in den obersten alpinen Triaskalken, hier aber überaus wichtig) etc. sehr artenreich und durch die von ihnen gelieferten Leitfossilien wichtig. Vertreter der höchstorganisirten Abtheilung, der Sinupalliata, sind noch selten. In Deutschland gehört dazu *Homomya* (früher *Myacites*) *musculoides* im Muschelkalk.

Die Gastropoden sind namentlich in den Alpen (St. Cassian, Esinokalk) sehr mannigfaltig. Durch Typen wie *Bellerophon, Murchisonia* und *Loxonema* erinnern sie noch an die paläozoischen Faunen, während sie sich durch *Cerithium, Emarginula* und andere an die späteren Schneckenfaunen anschliessen.

Viel wichtiger sind die Cephalopoden. Im alpinen Keuper treten die letzten Arten der paläozoisch so wichtigen Gattung *Orthoceras* (45, 2) auf. Von sonstigen Nautiloiden ist noch *Nautilus* wichtig. In Deutschland ist die Gattung — abgesehen von dem oben erwähnten, erst vor Kurzem beschriebenen *jugatonodosus* — nur durch *N. bidorsatus* im Muschelkalk vertreten, in den Alpen dagegen durch zahlreiche kantige, reich ornamentirte, dadurch an die carbonischen und permischen Formen erinnernde Arten. Sehr interessant sind weiter als Vorläufer der ächten, vom Jura an so wichtig werdenden Belemniten die Gattungen *Atractites* und *Aulacoceras* (44, 9). Sehr viel wichtiger sind die sich hier zum ersten Male reich entfaltenden Ammoniten, die namentlich in der alpinen Trias überall eine grosse Rolle spielen und, wie im Jura und der Kreide, die Hauptleitfossilien abgeben.

Eine der wichtigsten Gattungen ist *Ceratites*, ausgezeichnet durch meist weitnabelige, rippen- und knotentragende Gehäuse und eigenthümliche Sutur, bestehend aus ganzrandigen Sätteln und nur im Grunde schwach gezähnelten Loben. In der deutschen Trias ist sie nur im Muschelkalk mit *C. nodosus* und etwa anderthalb Dutzend weiteren, zum Theil S. 296 erwähnten Arten vertreten; in der pelagischen Trias dagegen schon im Buntsandstein. Von verwandten Gattungen ist der reich verzierte *Balatonites* (42, 6) im alpinen Muschelkalk häufig, bei uns selten; der flach-scheibenförmige, mit Rückenfurche versehene *Arpadites* (43, 11) dagegen ist nur alpin (ladinische Stufe) bekannt. Ausschliess-

lich in der alpinen Trias findet sich die wichtige Gattung *Trachyceras* mit hochmündigem, mit zahlreichen Knotenreihen verziertem Gehäuse (*aon* [**43**, 2], *aonoides*; ladinisch und karnisch). In Bezug auf Verbreitung kommt ihr gleich *Tropites*, dick, breitrückig und enggenabelt, mit der auch in Californien vorkommenden Hauptart (*subbullatus* **44**, 8). Eine andere sehr wichtige und charakteristische Gattung der pelagischen Trias ist *Arcestes* mit kugeligem, ganz involutem Gehäuse, sehr langer, an der Mündung oft verengter Wohnkammer und stark zerschlitzter Sutur (*gigantogaleatus* [**45**, 4], *Gaytani* etc.). Mit ihr verwandt sind der rundrückige ungenabelte *Megaphyllites* und der weitnabelige, scheibenförmige *Monophyllites*. Weitere wichtige Geschlechter sind *Cladiscites* mit subquadratischem Querschnitt der Windungen und Spiralstreifung (*tornatus* [**45**, 1] etc.), *Pinacoceras* mit scheibenförmigem, scharfrückigem Gehäuse und sehr zahlreichen Loben (*Metternichi* [**45**, 3], *parma* etc.). In die Verwandtschaft dieser Gattung gehören auch *Beneckeia tenuis* und *Buchii* (**39**, 4) aus dem deutschen Röth bezw. Muschelkalk. Auch *Ptychites* (involute, enggenabelte, dick scheibenförmige, flach gestaltete Gehäuse mit mässig zerschlitzter Sutur) ist eine wichtige weitverbreitete Gattung, namentlich im Muschelkalk. Im alpinen Muschelkalk gehört hierher *Studeri* (**42**, 4), im deutschen *dux*.

Die Crustaceenfauna der Trias bietet nicht viel Bemerkenswerthes. Von Ostraçoden wäre *Bairdia*, von Phyllopoden *Estheria* (*minuta* [**41**, 4] im Buntsandstein und Keuper) zu nennen: ein ächter, langschwänziger Decapode ist *Pemphix* (*Sueurii* im oberen Muschelkalk).

Unter den Fischen herrschen neben Selachiern (*Hybodus*, *Acrodus* etc.), deren Zähne namentlich im Kohlenkeuper nicht selten sind, noch heterocerke Ganoiden, welche besonders der im Perm noch nicht mit Sicherheit bekannten Ordnung der mit grossen, glänzenden Schmelzschuppen bedeckten Lepidosteiden angehören (*Semionotus*, *Dapedius*, *Colobodus*, *Lepidotus* etc.). Sehr bezeichnend ist weiter die gewaltige Dipnoergattung *Ceratodus*, deren charakteristische, am Rande tief ausgezackte Mahlzähne namentlich im deutschen Kohlenkeuper häufig sind (**41**, 5). Endlich wäre noch hervorzuheben, dass die Trias wahrscheinlich die ältesten Vertreter der höchststehenden Abtheilung der Fische, der Teleostier enthält, und zwar gehören dazu ein paar kleine Clupeiden, wie *Leptolepis*.

Die Amphibien der Trias waren durch eine besondere Gruppe von Stegocephalen, die gewaltigen, durch das Fehlen von Bauchschuppen und Scleroticalring, durch die ausgezeichnete „Labyrinthstructur" der Zähne und andere Merkmale charakterisirten Labyrinthodonten vertreten. Dahin gehören *Trematosaurus* aus dem Buntsandstein (namentlich bei Bernburg), *Mastodonsaurus* (mit breit dreieckigem, flachem

Schädel, grossen Augen, kleinen Nasenlöchern und deutlichen sogen. Lyren [41, 6]) aus dem Muschelkalk und Kohlenkeuper, *Capitosaurus* aus dem Keuper u. a.

Die Reptilien waren namentlich im Vergleich zum Perm bereits sehr mannigfaltig entwickelt. Fast alle in mesozoischer Zeit überhaupt auftretenden Abtheilungen besassen schon in der Trias ihre Vertreter. So war die im Jura so wichtig werdende Ordnung der Ichthyosaurier mit der Hauptgattung *Ichthyosaurus* schon in der Trias vorhanden (*I. atavus* im süddeutschen Muschelkalk). Das Gleiche gilt von den Sauropterygiern. Zu diesen gehört die sich namentlich im Muschelkalk von Baireuth findende Gattung *Nothosaurus* (40, 6) mit sehr langem, schmalem Schädel, dessen auffallend grosse eiförmige Schläfengruben nur durch einen sehr schmalen Parietalknochen getrennt werden. Auch von der im Jura so wichtigen Gattung *Plesiosaurus* sind Spuren im englischen und französischen Rhät aufgefunden worden.

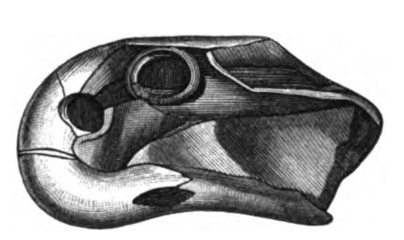


Fig. 63. *Oudenodon Baini* Owen. Karoosandstein des Kaplandes.



Fig. 64. *Dicynodon feliceps* Owen. Ebendaher.

Zu den schon im Perm vorhandenen Rhynchocephalen stellt man jetzt die Gattungen *Telerpeton* und *Hyperodapedon* aus dem rothen Keupersandstein von Elgin in Schottland. Die merkwürdigsten und bezeichnendsten Reptilien der Trias aber sind jedenfalls die durch ihren hoch gewölbten Schädel und die seitlich gelegenen Augen ein auffällig säugethierartiges Aussehen besitzenden Theromorphen. Man trennt die hierhergehörigen, hauptsächlich im südafrikanischen Karoo-Sandstein vorkommenden, sich aber auch bei Elgin findenden Formen jetzt in die vier Unterordnungen der Theriodontia, Pareiosauria, Anomodontia und Placodontia. Die Theriodontien sind besonders durch die den Reptilien sonst fremde Differenzirung des starken Gebisses in Schneide-, Eck- und Backenzähne ausgezeichnet; die Anomodontien durch zahnlose hornige Kiefer oder mit gewaltigen hauerförmigen Eckzähnen bewaffnete Oberkiefer (vergl. Fig. 68 u. 69); die Placodontien namentlich durch ihre sehr charakteristischen grossen, schwarzen, glänzenden, bohnenförmigen Zähne auf Gaumen und Unterkiefer. Vereinzelte Zähne der

Hauptgattung *Placodus* (**40**, 5) kommen allenthalben im Muschelkalk vor; in dem von Baireuth sind auch ganze Schädel gefunden worden.

Die Crocodilier waren besonders durch *Belodon* (schwäbischer Stubensandstein und Nordamerika) und die kleine Schuppenechse *Aëtosaurus ferratus* vertreten, von der sich eine herrliche, 24 Individuen umfassende Gruppe im Stubensandstein bei Stuttgart gefunden hat. Diesem selben Gestein entstammt auch das gewaltige, zur Ordnung der Dinosaurier gehörige *Zanclodon*. Es wird jetzt gleich anderen, im afrikanischen Karoo-Sandstein und in der Trias Ostindiens, Englands. Nordamerikas u. a. gefundenen Gattungen der Unterordnung der Theropoda zugerechnet.

Da in neuerer Zeit im Rhät auch Reste von Schildkröten und Flugsauriern entdeckt worden sind, so waren in der Trias ausser den Lacertilieren und Ophidiern bereits sämmtliche grosse Reptilordnungen vertreten.

Dem Keuper gehören endlich die ältesten bis jetzt bekannten Säugethierreste an. Als solche sind die kleinen, zweispitzigen, spitzkronigen, als *Microlestes antiquus* zuerst aus dem schwäbischen Bone bed, später auch aus den gleichaltrigen Schichten Englands beschriebenen Zähnchen zu erwähnen. Auch die aus England als *Hypsiprymnopsis* und aus Nord-Carolina als *Dromatherium* beschriebenen Zähne gehören hierher. Früher pflegte man alle diese Reste auf Marsupialier zurückzuführen. Jetzt fasst man sie zu einer besonderen Ordnung der Multituberculata (Cope) oder Allotheria (Marsh) zusammen, von der es dahinsteht, ob sie nähere Beziehungen zu den heutigen Monotremata (Cloakenthieren) oder zu den Marsupialiern besass. Auch die im Karoo-Sandstein gefundenen Schädelreste von *Tritylodon* (Owen) werden hierhergestellt, während man die von *Dromatherium* aus der oberen Trias von Nordcarolina einer besonderen, bisher weder in Europa noch in Südafrika bekannt gewordenen Abtheilung der *Protodonta* (Osborn) zuweist.

B. Juraformation.

Allgemeines und Geschichtliches.

Die Juraformation, die zweite der drei grossen mesozoischen Formationen, stellt eine stellenweise über 1000 m mächtig werdende, bei uns überwiegend aus tieferem Meere abgelagerte, vorherrschend kalkige oder thonig-kalkige Schichtenfolge dar. Sandige und namentlich conglomeratische Gesteine, wie sie in der Trias eine solche Rolle spielen, treten hier sehr zurück, und vulkanische Tuffe sowie Einlagerungen eruptiver

Bildungen fehlen, wenigstens im mittleren Europa, gänzlich. Damit steht im Zusammenhang, dass die Aufeinanderfolge der jurassischen Ablagerungen oft über grosse Flächen eine ausserordentlich regelmässige ist. Auch die Lagerung ist meist eine ungestörte oder nur sehr wenig gestörte. Auf grosse Strecken liegen die Schichten noch nahezu wagerecht, ohne von stärkeren Faltungen und Verwerfungen betroffen zu sein; nur in jüngeren Kettengebirgen, wie im Schweizer Juragebirge und in den Alpen, finden wir die jurassischen Schichten auf weite Erstreckung stark aufgerichtet, zusammengefaltet, überkippt und verworfen.

Der Name Juraformation für Ablagerungen dieser Epoche ist zuerst von Al. Brongniart und Humboldt angewandt worden und dem westschweizerischen Juragebirge entlehnt, in welchem jurassische Bildungen in ausgezeichneter Weise entwickelt sind. In England werden statt jenes Namens seit langer Zeit die Ausdrücke Lias und Oolite gebraucht. Der erste ist eine Localbezeichnung für gewisse kalkigthonige Gesteine, die einen Theil der jetzt mit diesem Namen belegten Schichtenreihe ausmachen. Der Name Oolite dagegen spielt auf die oolithischen Kalk- und Eisensteine an, die namentlich im englischen Jura sehr verbreitet. aber auch in Frankreich und Norddeutschland nicht selten sind.

Sowohl in England als auch in Frankreich und Deutschland beherbergt die Juraformation in den verschiedensten Niveaus eine ausserordentliche Fülle zum Theil prachtvoll erhaltener Versteinerungen. Daraus erklärt sich, dass sie schon seit langer Zeit eine Lieblingsformation der Geologen ist, und dass die vertikale Vertheilung der jurassischen Versteinerungen früher bekannt geworden ist als die vieler anderer Formationen. Ihren Ausgang hat die Kenntniss des Jura von England genommen, wo William Smith, der Vater der englischen Geologie, schon in den ersten Jahrzehnten d. v. J. die Hauptglieder der Formation von einander trennte und deren Altersfolge richtig erkannte, und seine Nachfolger, Conybeare und Phillips, bereits 1822 [1]) eine durchaus zutreffende und im Wesentlichen bis auf den heutigen Tag festgehaltene Gliederung der englischen Juraformation aufzustellen vermochten. Nur wenige Jahre später veröffentlichte Phillips die ersten Beschreibungen und Abbildungen einer grossen Zahl von Leitversteinerungen des englischen Jura [2]). Aus der wichtigen Rolle, die auf diese Weise England für die Entwickelung unserer Kenntniss der Juraformation gespielt hat, erklären sich die vielen für deren Stufen üblich gewordenen englischen Namen.

---

[1]) Outlines of the geology of England and Wales.
[2]) Illustrations of the geology of Yorkshire, 1834—1836.

In Frankreich ist die Erforschung der Formation von d'Orbigny ausgegangen. O. theilte den Jura in 10 Unterabtheilungen, die er auch in verschiedenen anderen Ländern nachwies, und veröffentlichte zugleich eine Menge von Abbildungen und Benennungen jurassischer Versteinerungen [1]).

In Deutschland hat sich zuerst L. v. Buch eingehender mit dem Studium des Jura beschäftigt und die bei uns bis jetzt übliche Dreitheilung in unteren, mittleren und oberen, oder (nach den vorherrschenden Farben der die betreffenden Schichtenfolgen zusammensetzenden Gesteine) in schwarzen, braunen und weissen Jura durchgeführt. Buch's Schrift über diesen Gegenstand [2]) wurde die Grundlage für die späteren Arbeiten von Friedr. August Quenstedt, der den Jura Schwabens nach den darin enthaltenen organischen Resten, deren vertikale Vertheilung er mit einer bis dahin nirgends erreichten Genauigkeit feststellte, in 18 Stufen zerlegte. Schon das 1843 erschienene „Flötzgebirge Württembergs" war zum grossen Theile den Jurabildungen gewidmet, und auch seine „Cephalopoden" [3]) (1846—1849) behandeln ganz überwiegend schwäbische Juraammoniten. 1858 folgte dann das in zwei Auflagen erschienene Hauptwerk „Der Jura" mit 100 Tafeln, 1883—1888 endlich das erst kurz vor dem Tode des Verfassers abgeschlossene grossartige Tafelwerk „Die Ammoniten des schwäbischen Jura".

Eine von der seines Lehrers Quenstedt etwas abweichende Richtung schlug A. Oppel ein. Mit ebenso viel Scharfsinn als Erfolg war er bestrebt, die von jenem begründete und von ihm selbst vervollständigte Gliederung des Jura, für welchen er einige 30 paläontologische Zonen aufstellte, auch auf andere Länder, namentlich England und Frankreich zu übertragen [4]).

Nach Oppel's frühzeitigem Tode haben eine grosse Zahl von Geologen, zum Theil seine Schüler, rastlos an der Erforschung der Juraformation fortgearbeitet, so dass deren Detailgliederung und die horizontale Verfolgung der verschiedenen Juraniveaus jetzt auf solche Höhe gebracht ist wie bei keiner anderen Formation. Unter den nach dieser Richtung verdienten Forschern seien hier nur Benecke, Neumayr, Waagen und Uhlig genannt.

Als ein erstes Ergebniss der Untersuchungen dieser Forscher ist die überraschend weite Verbreitung vieler Oppel'scher Zonen hervorzuheben. So hat Waagen [5]) im Jura von Cutch in Indien eine ganze Reihe dieser Zonen in wesentlich gleicher Aufeinanderfolge wie

[1]) Paléontologie française, Terrain jurassique, 1840—1846.
[2]) Ueber den Jura in Deutschland. Abh. d. Berl. Akad. 1839.
[3]) I. Band der „Petrefactenkunde Deutschlands".
[4]) Die Juraformat. Englands, Frankr. u. d. sw. Deutschl. 1856—1858.
[5]) Palaeontologia Indica, 1871.

in Europa nachzuweisen vermocht, und auch in Südamerika hat sich die Oppel'sche Gliederung in ihren Grundzügen bewährt. Wenn sich in anderen Fällen keine derartige Uebereinstimmung zeigt, so darf man nicht vergessen, dass eine solche natürlich nur für ammonitenführende Hochmeerablagerungen zu erwarten ist, während sie bei allen Küstenablagerungen, wie Korallenkalken u. s. w., für deren faunistischen Charakter alle möglichen örtlichen Bedingungen maassgebend sind, von vornherein ausgeschlossen ist.

Ein weiteres wichtiges Ergebniss der neueren Juraforschungen ist der Nachweis verschiedener, durch abweichende Faunen ausgezeichneter jurassischer Meeresgebiete. Nachdem schon vor längerer Zeit Marcou eine normannisch-burgundische von einer hispano-alpinen Juraprovinz getrennt hatte, sind die regionalen Verschiedenheiten der Juraformation später von Neumayr mit grösster Sachkenntniss und ungewöhnlichem Scharfsinn weiter verfolgt worden. N. unterschied in Europa von Süden nach Norden drei grosse, im Ganzen ostwestlich verlaufende Juraprovinzen. Es sind das 1. die mediterrane, welche die Ablagerungen der Alpen- und Karpathenländer, der Cevennen, Italiens, Spaniens und der Balkanhalbinsel umfasst. Ihre Fauna ist besonders durch die ausserordentliche Häufigkeit von Ammoniten aus den Gattungen *Phylloceras*, *Lytoceras* und *Simoceras* gekennzeichnet; daneben sind Terebrateln aus der Gruppe der merkwürdigen *T. diphya* dieser Provinz eigenthümlich. 2. Die mitteleuropäische Provinz. Sie begreift die ganzen ausseralpinen Juraschichten Frankreichs, Deutschlands, Englands und die des baltischen Gebietes. *Phylloceras* und *Lytoceras* sind hier sehr viel seltener, dagegen *Harpoceras*, *Oppelia*, *Peltoceras* und *Aspidoceras* sehr zahlreich. Korallenriffe sind in grosser Verbreitung und Mächtigkeit vorhanden. 3. Der russischen oder borealen Provinz endlich gehören die jurassischen Schichten Mittel- und Nordrusslands, von Novaja Semlja, Spitzbergen und Grönland an. *Lytoceras*, *Phylloceras* und *Haploceras* ebenso wie Riffkorallen sollen hier gänzlich fehlen. Sehr charakteristisch und verbreitet sind dagegen die Ammonitengeschlechter *Cardioceras*, *Cadoceras* und *Virgatites* und die Zweischalergattung *Aucella* [1]).

Neumayr sucht die Gründe für die Faunenverschiedenheit der drei Provinzen in damals schon ausgebildeten klimatischen Unterschieden; die Meeresprovinzen sind somit für ihn nichts anderes als Klimazonen.

---

[1]) Neumayr, Die geograph. Verbr. d. Juraf. Denkschr. d. Wien. Akad. 1885.

Der Wiener Forscher stützt sich hierbei einmal auf die Thatsache, dass Jurabildungen von russischem Typus in allen den Nordpol umgebenden Ländern Europas, Asiens und Nordamerikas verbreitet sind — eine Thatsache, die durch die allerneuesten Entdeckungen (z. B. in dem nördlichsten Juragebiet überhaupt, auf Franz-Josephs-Land) durchaus bestätigt worden ist. Weiter aber konnte N. nachweisen, dass auch die beiden anderen europäischen Juratypen eine die ganze Erde umspannende Verbreitung besitzen, indem nämlich der mitteleuropäische auch im nördlichen Kaukasien, in Japan und in Californien sich wiederfindet, während der südeuropäische in der Krim, im inneren Kaukasus, in Kleinasien, Vorderindien, einigen Theilen Afrikas (Madagaskar u. a.), in Mexico, Peru u. s. w. wiederkehrt. Alle drei genannten Juraentwickelungen bilden auf diese Weise nach N. in ihrer Gesammtheit gewaltig breite, in der Richtung der Parallelkreise um die ganze Erde herumlaufende Gürtel. Insbesondere reicht der Gürtel mit mediterraner Entwickelung ungefähr vom 30. Grad nördlicher bis zum ebensovielten Grad südlicher Breite, und hat somit eine Breite von nicht weniger als 60 Graden! Dazu kommt noch, dass die jenseits des äquatorialen Gürtels bekannt gewordenen Juravorkommen, die des Caplandes, Südaustraliens und Neuseelands, Chiles und Boliviens nach Neumayr wiederum mitteleuropäischen Anstrich zeigen und sich damit zu einer südlichen gemässigten Jurazone zusammenschliessen [1]).

Alle diese Thatsachen scheinen so sehr zu Gunsten der Neumayrschen Vorstellungen zu sprechen, dass viele Geologen noch heute an ihnen festhalten möchten. Indess hat es nicht an Stimmen gefehlt, die sich gegen jene glänzend vorgetragenen Anschauungen ausgesprochen haben.

So hat sich insbesondere Nikitin wiederholt nicht nur gegen die Annahme von Klimazonen in der Juraperiode erklärt, sondern auch gegen die Abgrenzung einer borealen Juraprovinz; und in der That haben neuere Erfahrungen ihm in soweit Recht gegeben, als Virgatiten und andere bezeichnende russische Ammoniten, Belemniten und Aucellen auch aus England, Nordfrankreich und Oesterreich, ja vereinzelt sogar aus tropischen Gegenden bekannt geworden sind.

Noch weniger aber stimmt mit N.'s Theorie, dass die syrischen und abessinischen Jurabildungen, obwohl im äquatorialen Gürtel liegend, nicht dem mediterranen, sondern dem mitteleuropäischen Typus folgen; und ebenso, dass in Südamerika zwar die Juraablagerungen Chiles und Boliviens mitteleuropäischen Anstrich zeigen, diejenigen Argentiniens aber sogar bis über den 35. Grad südlicher Breite hinaus mediterranes Gepräge haben.

---

[1]) Neumayr, Ueb. d. klimat. Zonen d. Jura- u. Kreidezeit. Ebendas. 1883.

Alle diese Thatsachen scheinen darauf hinzuweisen, dass die Anschauungen N.'s nur zum Theil berechtigt sind. Seine boreale Juraprovinz steht zwar im Wesentlichen noch heute unerschüttert da; die Trennung von mitteleuropäischem und mediterranem Jura aber dürfte auf die Dauer kaum haltbar sein, und in noch höherem Maasse gilt dies wohl in Betreff der Klimazonen. Die Eigenthümlichkeiten des borealen Jura mögen zwar aus ihnen heraus eine theilweise Erklärung finden, aber nicht die Verschiedenheit des west- und des ostandinen (argentinischen) Jura, die ihren Grund vielmehr in anderen als klimatischen Unterschieden haben müssen.

Von Neumayr rührt auch der erste Versuch einer die ganze Erde umfassenden Reconstruction der Meere und Festländer der Juraperiode her [1]). Der berühmte Forscher kommt dabei zum Ergebniss, dass das grosse centrale Mittelmeer früherer geologischer Zeiten, die Thetys, auch während der ganzen Jurazeit als Verbindungsglied zwischen dem pacifischen und indischen Ocean fortbestanden haben muss. Im Norden dieses Meeres nimmt N. ausser verschiedenen grösseren und kleineren Inseln einen ausgedehnten, den grössten Theil Nordamerikas und des heutigen Nordatlanticums umfassenden nearktischen Continent an; im Süden einen westlichen, von Südamerika über Afrika nach Vorderindien hinüberreichenden brasilisch-äthiopischen, und einen östlichen chinesisch-australischen Continent (vergl. Fig. 65), der allerdings nach neueren Entdeckungen, die auf Borneo, Timor und anderen Punkten des malayischen Archipels marinen Jura kennen gelehrt haben, nie eine so zusammenhängende Masse gebildet haben kann, als N. annahm.

Ein letztes wichtiges Ergebniss der Forschungen Neumayr's bildet der Nachweis der ausserordentlich weiten Verbreitung der jüngeren Juraablagerungen im Vergleich zum Lias. Dass dies in Europa der Fall sei, war bereits lange bekannt. Schon lange wusste man, dass der Lias zwar in ganz Westeuropa entwickelt ist, aber schon bei Regensburg und Passau, bei Hohnstein in Sachsen, im ganzen (ausserkarpathischen) Mähren, in Oberschlesien, bei Krakau und im baltischen Gebiete vollständig fehlt. An allen diesen Punkten beginnt vielmehr die Formation mit Stufen, welche unmittelbar auf weit älteren Gesteinen aufruhen. Nach Neumayr wiederholt sich aber dieselbe Erscheinung auch weiter nach Osten zu, im ganzen europäischen und asiatischen Russland, im nordwestlichen und arktischen Nordamerika, auf Ostgrönland, Spitzbergen und Franz-Josephs-Land und ebenso in Klein-

[1]) a. a. O.

asien, Persien, Ostindien, Afrika, Westaustralien und Südamerika: überall beginnt hier der Jura bei vollständiger Abwesenheit des Lias gleich mit

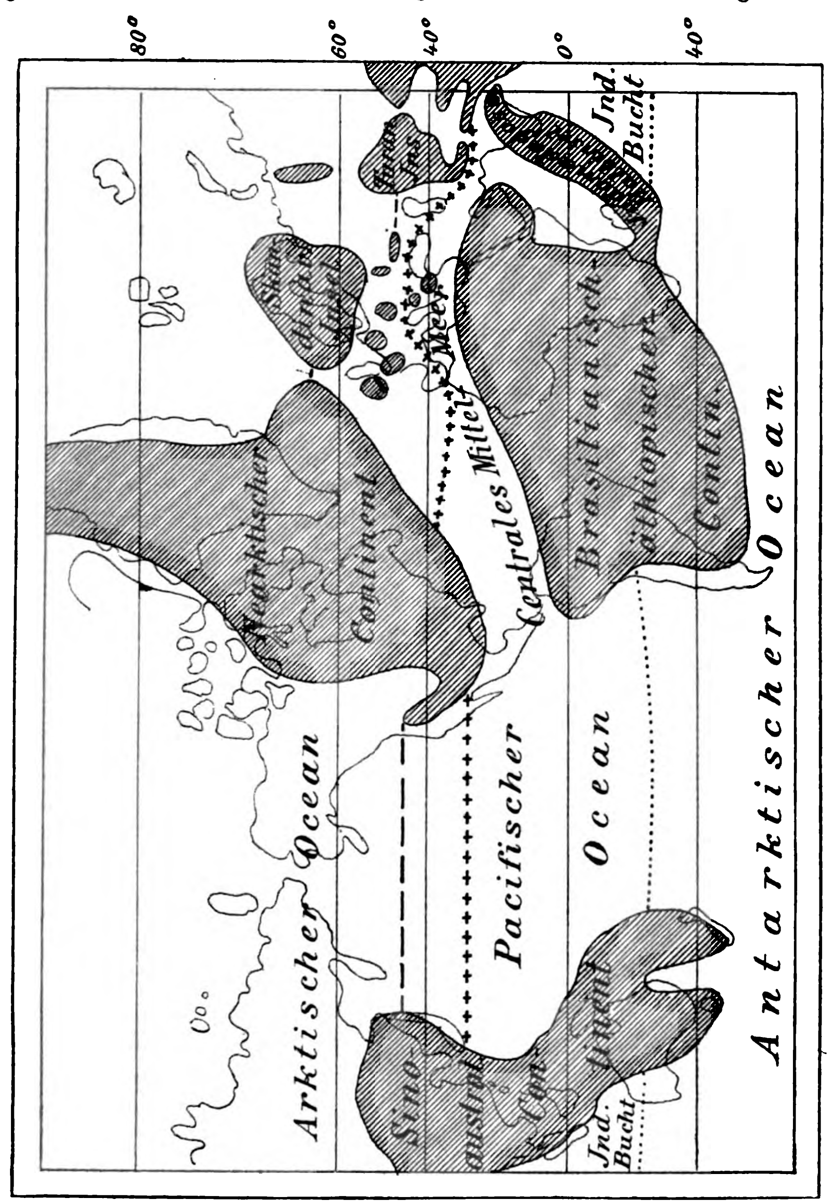


Fig. 65. Kärtchen der Meere und Continente sowie der Klimazonen der Juraperiode. Nach Neumayr.

— — — Grenze zwischen der borealen und nördlichen gemässigten Zone.
+ + + Grenze zwischen der nördlichen gemässigten und der Aequatorialzone.
. . . . Grenze zwischen der äquatorialen und der südlichen gemässigten Zone

Gliedern der mittleren oder oberen Abtheilung der Formation. Offenbar waren alle genannten Gegenden während der Liasepoche und zum Theil noch während der mittleren Jurazeit Festland — ein Umstand, der auch das Auftreten von zum Theil bauwürdigen Kohlenlagern im Lias von Kammin, bei Weyer in Oesterreich, Fünfkirchen in Ungarn, auf der Ostseite des Ural, in Persien und China erklärt. Erst in der Doggerzeit griff das Meer allmählich um sich, um gegen deren Ende oder auch erst in der Malmepoche das ganze bezeichnete ungeheuere Gebiet zu überfluthen. Es ist das eine der grössten, vielleicht die grösste Meerestransgression, die wir in der ganzen Erdgeschichte kennen. Seine allergrösste Verbreitung erreichte das Jurameer in der Kellaway- bis Oxfordzeit. Gegen Schluss der Juraperiode tauchte in Mitteleuropa und anderweitig das Land allmählich wieder aus dem Meere hervor.

Die allgemeine Gliederung der Juraformation in Deutschland, England und Frankreich wird durch nachstehendes Schema veranschaulicht:

England			Frankreich	v. Buch, Quenstedt	Oppel
Oolite	Upper	Purbeck beds	Portlandien	Oberer oder weisser Jura	Malm
		Portland beds			
		Kimmeridge Clay	Kimmeridgien		
	Middle	Coral rag	Séquanien		
		Oxford Clay	Oxfordien		
		Kellawayrock	Callovien	Mittlerer oder brauner Jura (Opalinus-Sch.)	
	Lower	Great Oolite	Bathonien		Dogger
		Inferior Oolite	Bajocien		
Lias			Système liasique	Unterer oder schwarzer Jura	Lias

Während wir somit in Deutschland seit Buch's Zeiten drei Hauptabtheilungen annehmen, unterscheiden die Engländer deren zwei oder, wenn man will, vier. Die Grenze zwischen mittlerem und oberem Jura legen Buch und Quenstedt zwischen Kellaway und Oxford, Oppel dagegen in Uebereinstimmung mit den Engländern zwischen Great Oolite und Kellaway. Die Oppel'schen Ausdrücke Dogger und Malm sind englische Localbezeichnungen. Die Eintheilung der Franzosen schliesst sich der englischen an, indem nur zwei Hauptabtheilungen unterschieden

werden, nämlich 1. das système liasique und 2. das système oolithique. Indess wird, wie schon früher hervorgehoben, in Frankreich auch die rhätische Stufe unseres Keupers unter der Bezeichnung „Infra-Lias“ allgemein zum Lias gerechnet, und ebenso werden die Opalinus-Thone, mit denen BUCH, QUENSTEDT und OPPEL den braunen Jura beginnen lassen, unter dem Namen „Toarcien“ noch zum Lias gezogen. Genauere Angaben über die französische Eintheilung und Benennung der jurassischen Bildungen sollen weiter unten gemacht werden.

Verbreitung und Entwickelung der Juraformation.

I. Mitteleuropäischer Jura.

Aus dem, was im Vorstehenden über die Verbreitung der von NEUMAYR zur „mitteleuropäischen Provinz“ zusammengefassten Jurabildungen bemerkt worden ist, ergiebt sich, dass hierher vor allem ganz Deutschland mit Ausnahme des auf die Alpen entfallenden Theiles, ferner England und Frankreich gehören. Da, wie oben ausgeführt, die Kenntniss der Juraformation gerade von diesen Ländern ausgegangen ist, so ist es zweckmässig, sie zuerst in's Auge zu fassen.

In Deutschland lassen sich drei grössere Verbreitungsgebiete der Juraformation unterscheiden: das fränkisch-schwäbische, das nordwestdeutsche und das oberschlesische.

Der fränkisch-schwäbische Jura bildet einen grossen, winkeligen Bogen, dessen einer Schenkel mit südöstlichem Streichen aus

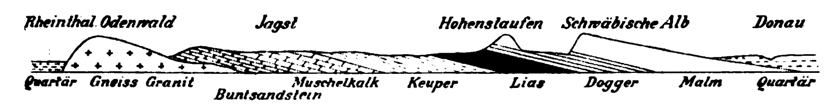


Fig. 66. Profil durch die Trias und den Jura Schwabens.

der Gegend von Koburg bis Regensburg verläuft, während sich der andere von dort mit südwestlichem Streichen bis an das Südende des Schwarzwaldes erstreckt. Der nördliche Schenkel stellt eine grosse Mulde dar, deren Mitte aus oberen Jurabildungen besteht, während nach den Rändern zu in regelmässiger Folge zuerst mittlerer, dann unterer Jura und endlich Keuperschichten erscheinen. Der längere westliche Schenkel dagegen ist aus einer ebenfalls regelmässig der Trias aufgesetzten, aber einseitig und zwar flach nach Süden geneigten Folge jurassischer Gesteine zusammengesetzt. Dementsprechend erscheint der eine flache Hügellandschaft bildende Lias hier nur am Nordrande des Jurazuges. Darüber folgen zunächst eine schmälere Zone mittleren Juras, dann mit schroffem

Anstiege die oberen Jurakalke, deren flach gegen die Donau geneigte Platte das Plateau der schwäbischen oder rauhen Alb bildet (vergl. Fig. 66).

Der nordwestdeutsche Jura umfasst eine aus der Gegend von Helmstedt und Quedlinburg in westlicher Richtung bis nach dem Teutoburger Walde reichende Zone, bildet aber keinen zusammenhängenden Zug wie der süddeutsche Jura, sondern eine Reihe schmaler Bänder oder auch geschlossener elliptischer Ringe, Theile nordwestlich streichender Sättel und Mulden, an deren Zusammensetzung ausser dem Jura auch die Trias und zuweilen noch Kreideschichten Antheil nehmen. Den ansehnlichsten dieser Jurazüge stellt die Weserkette dar, welche da, wo sie

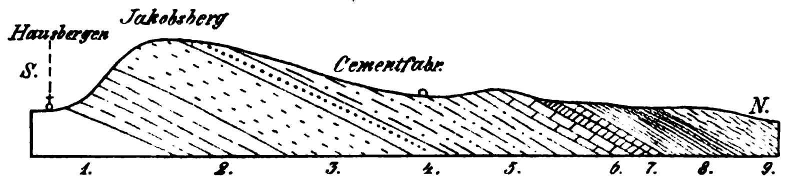


Fig. 67. Profil durch die oberen Jurabildungen der Porta Westfalica. Nach Heinr. Credner.

1 Bathbildungen. 2 Kellaway. 3 Oxford. 4 Korallenoolith. 5 Kimmeridge. 6 Unter. Portland. 7 Ober. Portland (Eimbeckhäus. Plattenkalk). 8 u. 9 Wealdenbildungen.

von der Weser durchbrochen wird, an der Porta Westfalica, das grossartigste Profil durch den norddeutschen Jura bietet (vergl. Fig. 67).

Das im Unterschiede zu den beiden besprochenen Gebieten nur aus mittlerem und oberem Jura bestehende oberschlesisch-polnische Juragebiet bildet einen über 200 km langen, indess im nördlichen Theile nur hie und da aus dem Diluvium hervortretenden, von Krakau bis nach Kalisch reichenden, sich im Südwesten an die oberschlesische Triasausbreitung anlehnenden Zug.

Ausser diesen grösseren Verbreitungsgebieten sind in Deutschland noch eine Reihe kleinerer Juravorkommen vorhanden. So tritt namentlich an der Odermündung in der Gegend von Kammin und Kolberg mittlerer und oberer Jura, in der Tiefe auch Lias auf. Auch bei Thorn und Inowrazlaw finden sich vereinzelte, aus dem Diluvium herausragende Partien von oberem Jura, bei Dobbertin in Mecklenburg und Grimmen südlich Stralsund solche von Lias. Auch bei Hermsdorf unweit Berlin sind mittelliassische Amaltheen-Thone erbohrt worden, und endlich sind im äussersten Nordosten Deutschlands, bei Königsberg und Memel durch Tiefbohrungen unter Tertiär und mächtiger Kreide oberer Dogger und unterer Malm nachgewiesen, die sich in ihrer Ausbildung an die gleichaltrigen kleinen Juravorkommen Lithauens und Kurlands (Popiliani) [1]) anschliessen.

---

[1]) Schellwien, N. Jahrb. f. Min. 1894, II, 207.

Auch eine Reihe kleinere, zwischen Verwerfungsspalten eingesunkene und dadurch der Denudation entgangene Juraschollen in Mitteldeutschland, wie namentlich bei Gotha, Eisenach, Göttingen, Wabern u. s. w., gehören dem Lias an. Des Weiteren treten bei Hohnstein in Sachsen und an ein paar Punkten in Böhmen längs der grossen Ueberschiebung, die das Lausitzer Granitgebirge von dem südlich angrenzenden böhmischen Kreidegebiete trennt, einige überkippte Schollen von weissem und braunem Jura auf. Alle diese Vorkommen sind als Zeugen der ehemaligen weit grösseren Verbreitung der Juraformation von grossem Interesse. Auch an den Rändern der oberrheinischen Tiefebene endlich sind sowohl auf badischer wie auf elsässischer Seite verschiedene kleine, in den oberrheinischen Grabenbruch eingesunkene Jurapartien vorhanden, die auf einen früheren Zusammenhang des süddeutschen Jura über Schwarzwald und Vogesen hinweg mit dem lothringer Jura hinweisen.

Nur eine Fortsetzung des schwäbischen Jura jenseits des Rheins auf schweizerischem Gebiete stellt das von Basel bis über Genf hinaus reichende Schweizer Juragebirge dar. Im Gegensatze zu dem einfachen Bau des schwäbischen bildet der schweizer Jura ein stark gefaltetes Kettengebirge, dessen verwickelter Bau schon frühzeitig durch die trefflichen Arbeiten THURMANN's klargelegt worden ist [1]).

In Frankreich umgeben die Jurabildungen einmal als ein geschlossener Ring das sogenannte Centralplateau. Mit übergreifender Lagerung zum Theil unmittelbar auf dessen krystallinischen Gesteinen aufruhend, fallen sie überall vom alten Gebirgskerne ab, so dass auf eine innerste, dem Urgebirge anlagernde Zone von Lias eine zweite von mittlerem, dann eine dritte von oberem Jura folgt. Ausserdem aber sind in Frankreich noch zwei weitere Jurazüge vorhanden, die zusammen mit dem im Norden des Centralplateaus verlaufenden Bande die Umrahmung des grossen nordfranzösischen Kreide- und Tertiärbeckens bilden. Der eine, östliche Zug erstreckt sich von der Nordostecke des Centralplateaus durch Burgund, Lothringen und Luxemburg bis über die Maas hinaus, um nach längerer Unterbrechung noch einmal bei Boulogne s. m. wiederzuerscheinen, während der westliche Zug von der Nordwestecke des Centralmassivs aus am Ostrande des alten bretannischen Gebirgskernes entlang bis an den Canal reicht.

In England bildet der Jura eine breite, Nordnordost streichende, im Westen von Keuper unterlagerte und im Osten von Kreidebildungen bedeckte Zone, die (als Fortsetzung des eben erwähnten bretannisch-normannischen Jurazuges) von Lyme Regis und Portland am Canal über

---

[1]) Essai sur les soulèvements du Porrentruy, 1832.

Bath und Oxford sich bis Whitby an der Nordseeküste erstreckt. Alle drei Hauptabtheilungen der Formation sind hier wohl entwickelt.

Es sei schliesslich noch hervorgehoben, dass Fauna und petrographische Beschaffenheit der mitteleuropäischen Jurabildungen auf einen Absatz in verhältnissmässig geringer Meerestiefe hinweisen. Als abyssisch anzusprechende Ablagerungen scheinen gänzlich zu fehlen; dagegen sind in einigen Gegenden, wie am Rande der Ardennen und des bretannischen Massivs, geröllführende Küstenbildungen entwickelt. Auch die im Dogger und Malm Nord- und Süddeutschlands, der Schweiz u. s. w. verbreiteten Korallenriffe weisen auf ein flaches Meer hin. Die vielfachen örtlichen Unterschiede in der Ausbildung der jurassischen Schichten erklären sich wohl zum grössten Theil aus Verschiedenheiten der Meerestiefe.

Da sich in allen genannten Gebieten deutlich eine Gliederung in unteren, mittleren und oberen Jura zu erkennen giebt, so sollen diese drei Hauptabtheilungen im Folgenden gesondert besprochen werden, und zwar in der Abgrenzung, die ihnen L. v. Buch und Quenstedt gegeben haben.

1. Der Lias oder untere (schwarze) Jura.

Nach dem Vorgange von Buch und Quenstedt wird diese Schichtenfolge jetzt allgemein in eine untere, mittlere und obere Abtheilung gegliedert. d'Orbigny schlug für diese die unbequemen und daher ausserhalb Frankreichs nirgends üblich gewordenen Bezeichnungen Sinémurien, Liasien und Toarcien vor. Von petrographischen Merkmalen ausgehend, hat Quenstedt eine jede dieser drei Abtheilungen in zwei weitere Stufen zerlegt. Er erhielt auf diese Weise für den ganzen Lias sechs Stufen, die er mit den griechischen Buchstaben α, β, γ, δ, ε und ζ bezeichnete. Eine noch weitergehende Gliederung in 14 Zonen schlug später Oppel vor. Er wählte dabei als Zonenpetrefacten Formen von möglichst grosser Verbreitung und verhältnissmässiger Häufigkeit. Die Oppel'sche Gliederung ist jetzt überall angenommen; nur verwenden die neuesten Autoren auch da, wo Oppel selbst es noch nicht gethan hatte, als Zonenfossilien Ammoniten.

Es sei zunächst die Entwickelung des Lias in **Schwaben**[1]) nach Quenstedt besprochen:

[1]) Ausser den schon früher genannten Werken von Quenstedt und Oppel seien nachfolgende Schriften als wichtig für die Kenntniss des schwäbischen Jura genannt:
Waagen, Der Jura in Franken, Schwaben und der Schweiz, 1864.
Fraas, Geogn. Beschr. v. Württemberg, Baden und Hohenzollern, 1882.
Engel, Geogn. Wegweiser durch Württemberg, 2. Aufl., 1896.

1. Unterer Lias, 30—35 m mächtig.

Lias α. a) Psilonotenkalke mit *Ammonites planorbis* Sow. = *psilonotus* Quenst. (47, 3).

b) Angulatensandsteine, zuunterst die Cardinien-(Thalassiten)-Zone mit massenhaften Cardinien (*Cardinia Listeri* u. a. [vergl. 47, 6]), darüber die Angulatensandsteine mit *Amm. angulatus* (47, 1).

c) Arietenschichten, beginnend mit den Arieten- oder Gryphitenkalken, dunkeln Kalken voll *Gryphaea arcuata* (47, 5) und zahlreichen arieten Ammoniten (besonders *A. [Arietites], Bucklandi* [47, 2] *Conybeari, spiratissimus*), *Lima gigantea* (47, 4), *Avicula inaequivalvis, Nautilus aratus, Spiriferina Walcotti* (47, 8) u. s. w., abschliessend mit der Pentacrinenbank (mit *Pentacrinus tuberculatus* — 47, 7 —) und dem sogen. Oelschiefer.

Oppel unterscheidet für diese Stufe 4 Zonen: 1. die des *Ammonites planorbis,* 2. die des *A. angulatus,* 3. die des *A. Bucklandi* und 4. die des *Pentacr. tuberculatus.*

Lias β. *Turneri*-Thone. Zähe Thone, unten versteinerungsarm, oben Kalke mit *Amm. obtusus* Sow. = *Turneri* Ziet. und Thone mit *Amm. oxynotus* u. *raricostatus.*

Oppel unterscheidet: 1. Z. d. *Amm. obtusus,* 2. Z. d. *A. oxynotus,* 3. Z. d. *A. raricostatus.*

2. Mittlerer Lias, 15—20 m mächtig.

Lias γ. *Numismalis*-Mergel. Zuunterst Mergel mit *Gryphaea cymbium,* dann graue, harte Steinmergel mit *Terebratula numismalis* (48, 7) u. *Rhynch. rimosa* (48, 8). Ausserdem *Amm. (Aegoceras) Jamesoni, A. ibex* u. a.

Oppel: 1. Z. d. *A. Jamesoni,* 2. Z. d. *A. ibex,* 3. Z. d. *A. Davoei.*

Lias δ. Amaltheenthone. Fette Thone mit verkiestem *Amm. (Amaltheus) margaritatus* Montf. = *amaltheus* Schl. (48, 3), sowie *Pentacr. basaltiformis, Belemnites paxillosus* (48, 4) u. s. w., dann Kalke mit *Amm. (Amalth.) spinatus* Brug. = *costatus* Schl.[1]).

Oppel: 1. Z. d. *A. margaritat.,* 2. Z. d. *A. spinatus.*

3. Oberer Lias, 10 m mächtig.

Lias ε. Posidonienschiefer, sehr bitumenreiche, blätterige Schiefer voll *Posidonia Bronni* (49, 5), *Belemnites acuarius, Amm. communis, bollensis* u. s. w., *Pentacr. briareus,* Resten von Sauriern *(Ichthyosaurus, Plesiosaurus, Teleosaurus),* Fischen *(Dapedius)* und nackten Cephalopoden, von welchen ausser dem Schulp oft noch der Tintenbeutel mit eingetrockneter Tintensubstanz erhalten ist (vergl. 49, 4). Als Fundorte für ausgezeichnet erhaltene Saurierskelette sind berühmt Holzmaden in Württemberg und Banz unweit Koburg.

Quenstedt unterschied hier a) Seegrasschiefer voll Fucoiden, b) eigentl. Posidonienschiefer mit *Posidonia Bronni, Pentacrinus, Monotis substriata* etc. und c) Leberboden: graue Schiefer mit *Chondrites bollensis, Amm. bollensis, Walcotti* etc.

Oppel: Zone der *Posidonia Bronni.*

Lias ζ. *Jurensis*-Mergel. Graue Kalkmergel mit *Ammonites (Harpoceras) radians* (49, 3) und *A. (Lytoceras) jurensis.*

[1]) Durch seine weite Verbreitung (Schwaben, Franken, bayer. Alpen, Gotha, Normandie, England, Portugal, Sicilien) merkwürdig ist das sogen. Leptaenenbett, eine mit kleinen glatten Brachiopoden (*Koninckella* u. a.) erfüllte Schicht an der Grenze von mittlerem und oberem Lias.



Neuerdings trennt man a) Bank mit *Amm. crassus* und *bifrons*, b) Zone mit *A. variabilis*, c) Kalk mit *A. radians*, d) Mergel mit *A. aalensis*.

OPPEL: Z. d. *A. jurensis*.

Die Entwickelung des Lias in **Franken**, im **Schweizer Juragebirge**, in den **Reichslanden** und im **Luxemburg**'schen [1]) schliesst sich im Allgemeinen nahe an die schwäbische Ausbildung an. Als eine eigenthümliche Bildung in Luxemburg und den angrenzenden Gegenden Lothringens wäre der bis 60 m mächtig werdende hellfarbige conglomeratische Luxemburger oder Hettinger Sandstein zu nennen, eine wesentlich den Angulatenschichten entsprechende, aber zum Theil noch in höhere Niveaus des QUENSTEDT'schen α hinaufreichende Küstenbildung. Er ist reich an wohlerhaltenen Schnecken, Cardinien und Pflanzen (*Thaumatopteris, Thinnfeldia, Dictyophyllum* etc.)

Auch der Lias des **nordwestlichen Deutschland** ist dem süddeutschen ausserordentlich ähnlich [2]). v. SEEBACH unterscheidet im Ganzen 9 Zonen, deren Namen und Verhältniss zu den QUENSTEDT'schen Stufen

[1]) Aus der neueren deutschen Literatur über den Jura der Reichslande seien hier genannt:

LEPSIUS, Beitr. z. Kenntniss d. Juraform. im Unter-Elsass, 1875.

BENECKE, Abriss d. Geol. v. Elsass-Lothringen, 1878.

STEINMANN, Geol. Führer d. Umgeg. v. Metz, 1882.

VAN WERVEKE, Erläut. z. geol. Uebersichtsk. d. südl. Luxemburg, 1887.

SCHUMACHER, STEINMANN, VAN WERVEKE, desgl. zur Uebersichtsk. v. Deutsch-Lothringen, 1887.

BENECKE, BÜCKING, SCHUMACHER, VAN WERVEKE, Geol. Führer d. d. Elsass, 1900.

Für den fränkischen und südbadischen Jura sind zu nennen:

v. AMMON, Die Juraabl. zw. Regensburg u. Passau, 1875.

SCHALCH, Glieder. d. Liasform. d. Donau-Rheinzuges. N. Jahrb. f. Min. 1880, I; vergl. auch Derselbe: Mitth. d. grossh. bad. geol. Landesanst. Bd. II.

GÜMBEL, Geogn. Beschr. d. fränkischen Alb. IV. Bd. d. geogn. Beschr. von Bayern, 1891.

[2]) Aus der Literatur über den nordwestdeutschen Jura seien hier nur aufgeführt:

F. A. RÖMER, Versteinerungen d. norddeutsch. Oolithengebirges. 1836. Nachtrag 1839.

DUNKER u. KOCH, Beitr. z. Kenntn. d. nordd. Oolithengeb. 1837.

v. STROMBECK, Ob. Lias u. braun. Jura bei Braunschweig. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1853.

F. RÖMER, Die jurass. Weserkette. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1857.

v. SEEBACH, Der hannoversche Jura, 1864.

D. BRAUNS, Der untere Jura im nordwestl. Deutschl. 1871. Der mittlere Jura 1869. Der obere Jura 1874.

H. RÖMER, Geol. Verhältn. d. Stadt Hildesheim. Abh. z. geol. Specialkarte v. Preussen, 1883.

v. DECHEN, Erläut. z. geol. Karte d. Rheinprovinz etc. II, 1884, S. 365.

aus der Tabelle S. 353 ersichtlich sind. Auch in diesem Gebiete beginnt der Lias mit Psilonoten-Schichten mit *Amm. planorbis* und *Johnstoni*, über denen Schichten mit *A. angulatus* und dann solche mit Arieten (*A. Bucklandi, Conybeari* etc.) folgen. Von den süddeutschen Verhältnissen abweichend ist das Auftreten oolithischer Eisensteine im Niveau der *Brevispina*-Schichten bei Schöppenstedt, Harzburg, Salzgitter, Markoldendorf und anderen Orten [1]). Aehnliche Eisensteine stellen sich in Norddeutschland stellenweise auch in tieferen und höheren Niveaus, so z. B. bei Harzburg in den Arietenschichten ein. Die süddeutschen Steinmergel, QUENSTEDT's γ, fehlen in Norddeutschland; dagegen sind sowohl die Amaltheenthone als auch der durch seine petrographische Beschaffenheit leicht kenntliche und überall ein wichtiges Orientirungsniveau abgebende Posidonienschiefer ganz ähnlich entwickelt wie in Süddeutschland. Durch grossen Ammonitenreichthum (besonders *Harpoceras*-Arten) ausgezeichnet ist der bis jetzt nur aus der Gegend nördlich Goslar bekannte, unter den *Jurensis*-Schichten liegende „Dörntener Schiefer" [2]).

In der norddeutschen Ebene ist ein interessantes Vorkommen von Posidonienschiefern mit Insektenresten, und darunter Amaltheenthone, bei Dobbertin in Mecklenburg bekannt geworden [3]). Das östlichste in Deutschland bekannte Liasvorkommen liegt bei Kammin und ist durch Tiefbohrung aufgefunden worden. Es handelt sich hier um kohlenführenden Mittellias, wahrscheinlich einen Ausläufer der ähnlichen Ablagerungen auf der Insel Bornholm [4]).

In **England** und **Frankreich** ist die Entwickelung des Lias eine ganz ähnliche. In England wird er in der Regel wie in Deutschland mit der Zone des *Amm. jurensis* abgeschlossen; in Frankreich dagegen wird noch die darüber folgende, bei uns als Basis des mittleren Jura betrachtete Zone des *Amm. opalinus* zum Lias gezogen.

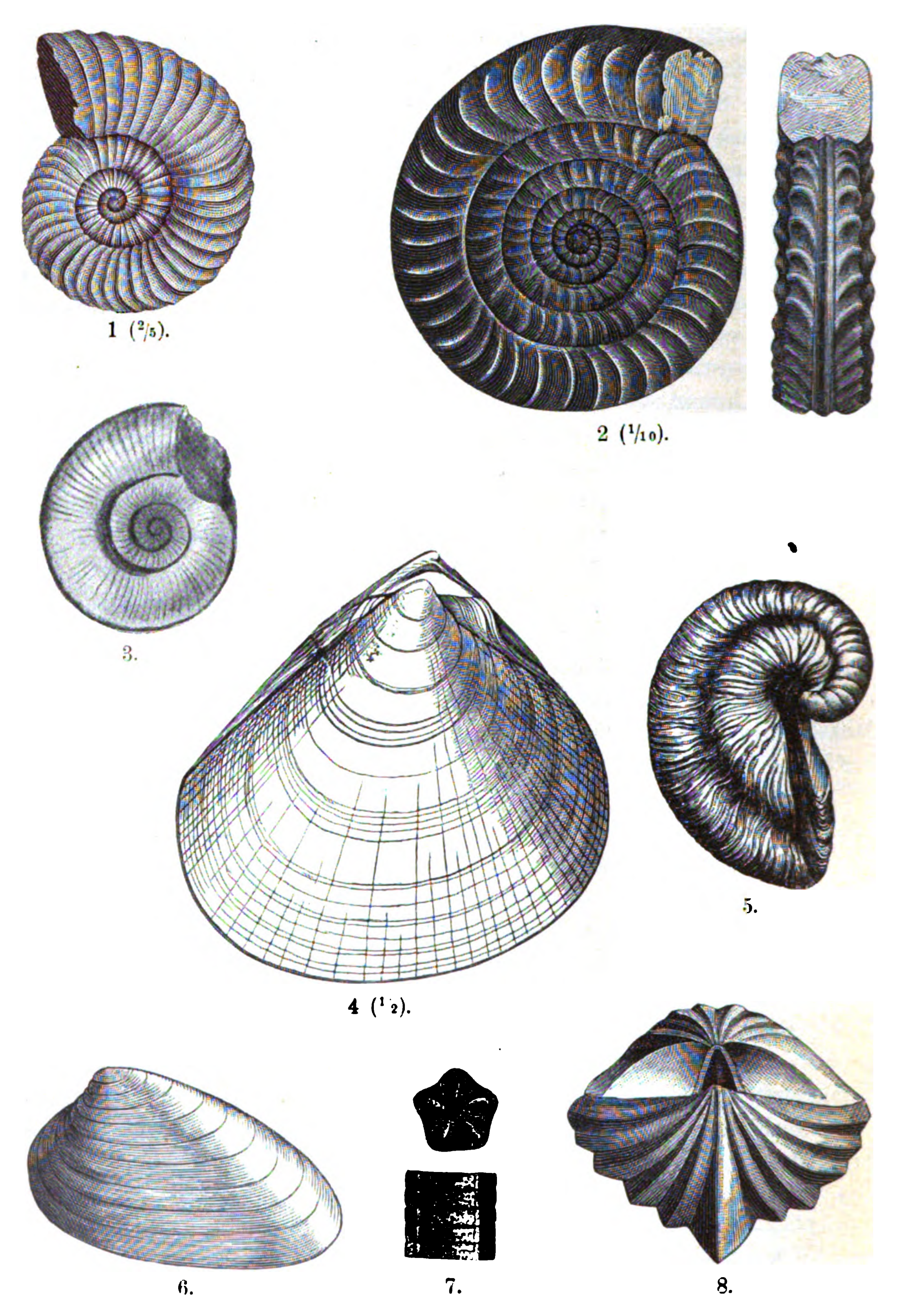
Der Grund für die Zoneneintheilung des englischen Lias ist ursprünglich von OPPEL selbst gelegt worden. Später haben WRIGHT, JUDD, TATE, BLAKE, BUCKMANN u. A. die Schichtenfolge noch genauer kennen gelehrt. In der Hauptsache besteht der englische Lias aus Thonen mit Einlagerungen von Kalken. Eine Eigenthümlichkeit bildet das Auftreten von oolithischen Eisencarbonatlagern im Niveau des *Amm. spinatus* im nördlichen Yorkshire, woselbst sie das berühmte Clevelandeisen liefern. Die bituminösen Schiefer von Whitby mit ihren zahlreichen Fisch- und

[1]) SCHLÖNBACH, Ueber d. Eisenstein d. mittl. Lias etc. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1863, S. 465.

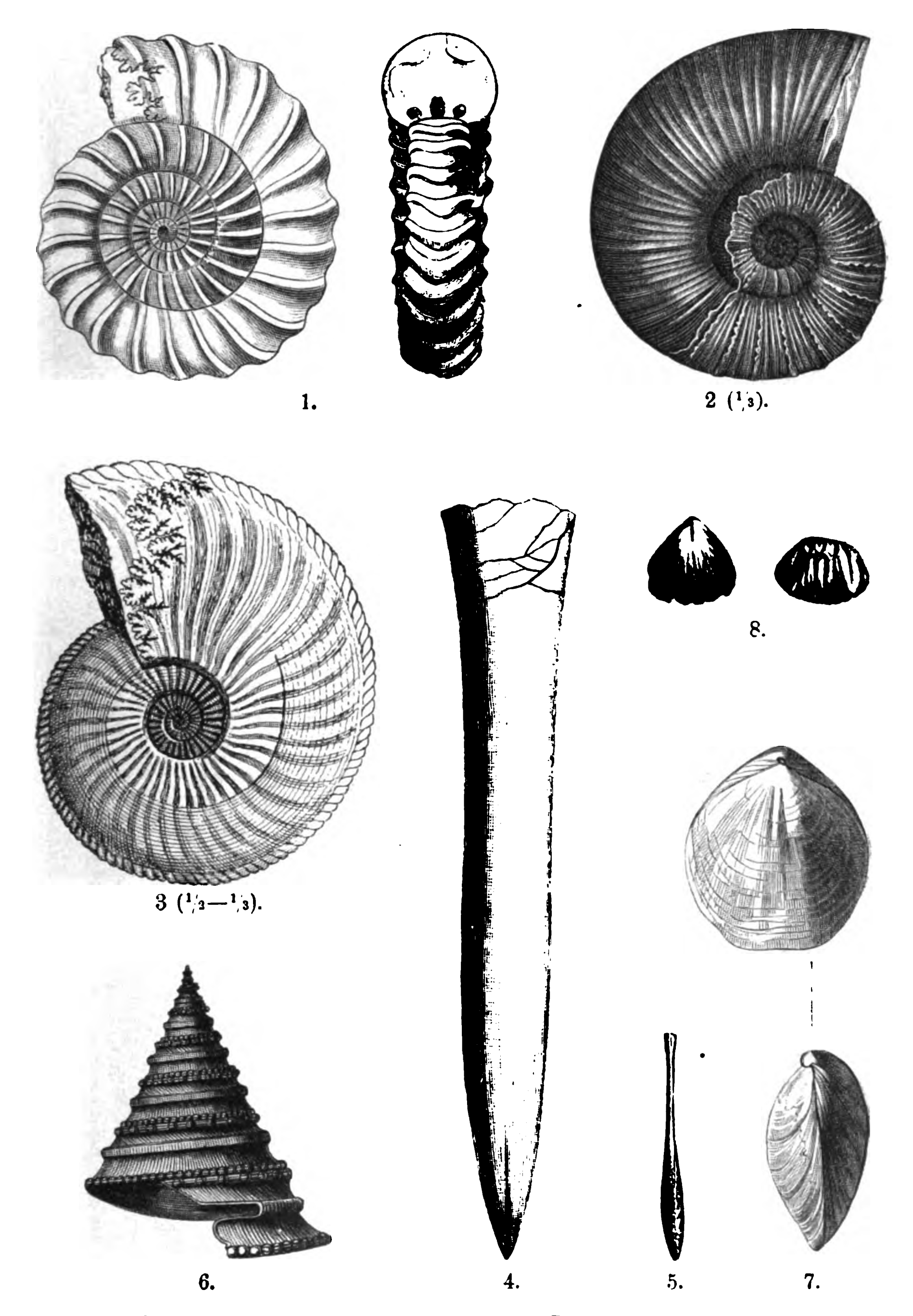
[2]) DENCKMANN, Geogn. Verh. d. Umgeg. v. Dörnten. Abh. z. geol. Specialkarte v. Preussen, 1887.

[3]) E. GEINITZ, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1880, S. 510.

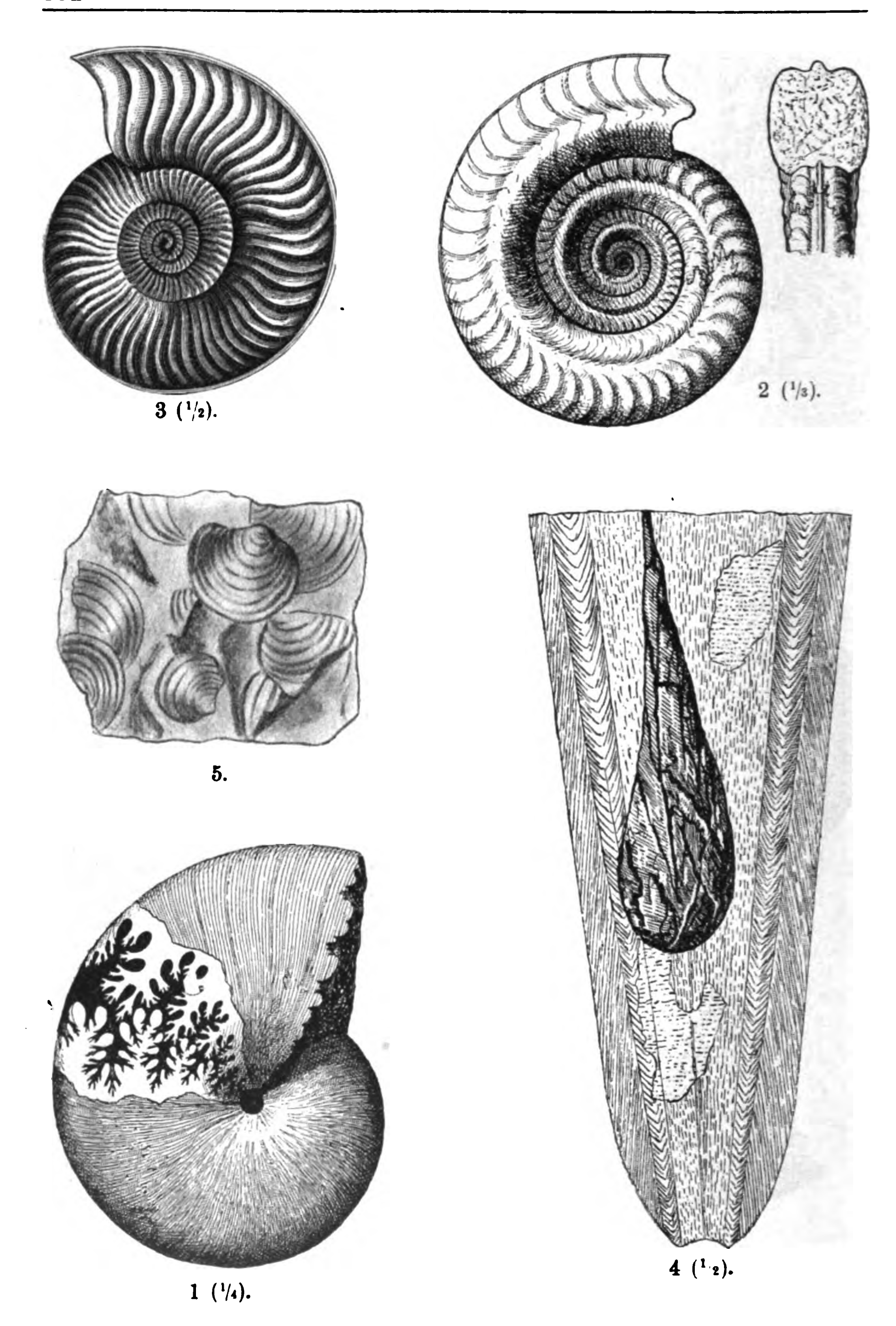
[4]) W. DEECKE, Mesoz. Format. d. Prov. Pommern, 1894.



Taf. 47. Versteinerungen des unteren Lias. 1. *Schlotheimia angulata* Schloth. 2. *Arietites Bucklandi* Sow. 3. *Psiloceras planorbis* Sow. 4. *Lima gigantea* Sow. 5. *Gryphaea arcuata* Lam. 6. *Cardinia hybrida* Sow. 7. *Pentacrinus tuberculatus* Mill., Säulenstück von der Seite und von oben. 8. *Spiriferina Walcotti* Sow.



Taf. 48. Versteinerungen des mittleren Lias. 1. ***Aegoceras capricornum*** SCHL. 2. ***Lytoceras fimbriatum*** SOW. 3. ***Amaltheus margaritatus*** MONTF. 4. ***Belemnites paxillosus*** SCHL. 5. ***Bel. clavatus*** BLAINV. 6. ***Pleurotomaria bitorquata*** DESLONGCH. 7. ***Terebratula numismalis*** LAM. 8. ***Rhynchonella rimosa*** v. BUCH.



Taf. 49. Versteinerungen des oberen Lias. 1. *Phylloceras heterophyllum* Sow. 2. *Harpoceras (Hildoceras) bifrons* Brug. 3. *Harpoceras radians* Rein. 4. *Geotheutis bollensis* Ziet. 5. Gesteinsstück mit *Posidonia Bronni* Voltz.

Gliederung des Lias in Mitteleuropa.

v. Buch, d'Orbigny	Quenstedt	Oppel's Zonen	Englische Zonen	v. Seebach
Oberer Lias (Etage Toarcien)	ζ) *Jurensis*-Mergel	*Amm. jurensis*	*Amm. jurensis*	*Jurensis*-Schichten
	ε) Posidonienschiefer	*Posidonia Bronni*	*Amm. bifrons* „ *serpentinus*	Posidonienschiefer
Mittlerer Lias (Et. Liasien, Charmouthien, Pliensbachien)	δ) Amaltheenthone	*Amm. spinatus* „ *margaritatus*	*Amm. spinatus* „ *margaritatus*	Amaltheenschichten
	γ) *Numismalis*-Mergel	*Amm. Davoei* „ *ibex* „ *Jamesoni*	*Amm. capricornus* oder *Henleyi* „ *ibex* „ *Jamesoni*	*Capricornus*-Schichten
Unterer Lias (Et. Sinémurien)	β) *Turneri*-Thone	*Amm. raricostatus* „ *oxynotus* „ *obtusus*	*Amm. raricostatus* „ *oxynotus* „ *obtusus*	*Brevispina*-Schichten *Planicosta*-Schichten
	α) Gryphiten- oder Arietenkalk Angulatensandstein *Psilonotus*-Schichten	*Pentacrin. tuberculatus* *Amm. Bucklandi* „ *angulatus* „ *planorbis*	*Amm. semicostatus* „ *Bucklandi* „ *angulatus* „ *planorbis*	Arietenschichten Angulatenschichten *Psilonotus*-Schichten

Saurierresten gehören der Zone der *Posid. Bronni* an. Eine andere berühmte Oertlichkeit für Fische und grosse Saurier ist Lyme Regis in Dorsetshire (unweit des Canals)[1]).

In Frankreich sind am Ardennenrande die untersten Liasschichten mit *A. planorbis* nicht oder nur sehr schwach entwickelt. Dagegen zeichnen sich durch besonders grosse Beständigkeit und Verbreitung durch das ganze Land Kalke mit *Gryph. arcuata* aus. Darüber folgen Mergel mit Versteinerungen des mittleren Lias (Amaltheen etc.). Im oberen Lias treten vielfach (Ardennengebiet, Jura, Burgund u. s. w.) Posidonienschiefer in typischer Ausbildung auf, während anderwärts in diesem, aber auch in anderen Niveaus oolithische Eisensteine entwickelt sind. So besonders bei la Verpillière (unweit Lyon), wo sie eine Fülle prachtvoll erhaltener Versteinerungen aus der Zone des *Amm. bifrons* (**49**, 2) enthalten.

2. Der mittlere oder braune Jura (Dogger).

Quenstedt theilt in Württemberg auch diese Schichtenfolge in 6 Stufen (α bis ζ) ein. Oppel nimmt dafür 11 Zonen an, denen man jetzt noch die weitere des *Amm. Sowerbyi* zufügt. Die obere Grenze des mittleren Jura zieht Oppel etwas anders als Quenstedt, indem er seinen Dogger mit der Zone der *Terebratula lagenalis* abschliesst und die darüber liegenden Schichten dem oberen Jura zurechnet. Es entspricht dies der englischen (und französischen) Classifikation, da auch die Engländer eine Hauptgrenze, nämlich die zwischen ihrem Lower und Middle Oolite, zwischen Great Oolite und Kellaway rocks ziehen (vergl. die Tabelle S. 342). Dass die französischen und manche englische Geologen die untere Doggergrenze erst mit der *Murchisonae*-Zone beginnen lassen, wurde bereits oben erwähnt. Eine noch andere Grenzziehung hat Vacek vorgeschlagen[2]). Gestützt auf eine mehrorts beobachtete Denudationsdiscordanz zwischen der *Sowerbyi*-Zone und den tieferen Jurahorizonten, welche auf eine der Ablagerung der genannten Zone vorangegangene Festlandszeit hinweist, will dieser Autor die untere Doggergrenze zwischen die *Murchisonae*- und *Sowerbyi*-Zone verlegt wissen. Haug und Bonarelli haben sich zu Gunsten von Vacek's Vorschlag ausgesprochen; mit Neumayr halten wir indess auch in diesem Falle zunächst noch an der Quenstedt'schen Abgrenzung fest.

In **Schwaben** gliedert sich der braune Jura nach Quenstedt folgendermaassen:

---

[1]) Vergl. Fox Strangways, The jurassic rocks of Britain. Mem. geol. surv. Lond. 1892.

[2]) Fauna der Oolithe vom Cap San Vigilio. Abh. d. geol. Reichsanstalt 1886.

1. Unter. braun. Jura.

α. *Opalinus*-Thone. Dunkle Thone mit *Ammonites (Harpoceras) opalinus* (**50**, 1). Zuunterst Zone mit *Amm. torulosus* und *opalinus, Nucula Hammeri* u. s. w., in der Mitte kalkige Bänke mit *Lucina plana, Astarte opalina, Pentacrinus opalinus,* zuoberst *Trigonia navis* (**50**, 2) und *Amm. opalinus* in Kalkknollen.

Oppel unterscheidet: 1. Zone des *Amm. torulosus,* 2. Z. d. *Trigonia navis.*

β. Gelbliche Sandsteine und Rotheisenoolithe (von Aalen). Hauptfossilien: *Amm. (Harpoceras) Murchisonae* (**50**, 3) und *Pecten personatus.*

Oppel: Z. d. *Amm. Murchisonae.*

2. Mittl. braun. Jura.

γ. Blaue oder *Sowerbyi*-Kalke, versteinerungsarm. Im unteren Theil Lager mit dem nur örtlich auftretenden *Amm. (Sonninia) Sowerbyi* (**51**, 1).

Oppel: Z. d. *Amm. Sauzei.*

δ. Versteinerungsreiche Thone, Kalke und Eisenoolithe. Zuunterst *Giganteus*-Thone mit dem riesigen *Belemnites giganteus* (**52**, 3). Dann Ostreenkalke mit der gefalteten *Ostrea Marshi* (**50**, 5), der glatten *eduliformis, Lima proboscidea* (**51**, 3), *Perna mytiloides* (**51**, 6), *Trigonia costata* (**51**, 5) u. s. w. Weiter Coronatenschicht mit *Amm. (Stephanoceras) Humphriesianus, Blagdeni* (**52**, 1) und *Braikenridgi,* zuoberst Bifurcatenschicht mit *Amm. bifurcatus* u. s. w. Häufige Versteinerungen dieser Stufe sind auch *Pholadomya Murchisoni* (**50**, 6), *Modiola modiolata, Terebratula perovalis* u. a.

Oppel: Z. d. *Amm. Humphriesianus.*

3. Ober. braun. Jura.

ε. Thone und Eisenoolithe. Unten Zone des *Amm. (Parkinsonia) Parkinsoni* (**52**, 2), darüber Dentalienthon mit *D. Parkinsoni, Amm. aspidoides* und *ferrugineus,* dann Varians-Schichten mit *Rhynchonella varians* (**53**, 2), oben Zone mit *Amm. (Sphaeroceras) macrocephalum* (**53**, 6), *Sph. bullatum* etc.

Oppel: Z. d. *Amm. Parkinsoni,* Z. d. *Terebratula digona* (**52**, 6), Z. d. *Ter. lagenalis* (**52**, 5), Z. d. *Amm. macrocephalus.*

ζ. Ornatenthone, dunkle fette Thone mit zahlreichen verkiesten Ammoniten: *Jason, anceps, hecticus, ornatus* (**53**, 7), *athleta* u. s. w.

Engel unterscheidet:

Obere Ornatenth.	*Biarmatus*-Zone mit *A. Lamberti, biarmatus* etc. *Lamberti*-Sch. mit *A. Lamberti, cordatus* (**53**, 8) etc. *Athleta*-Horizont mit *A. athleta* etc.
Mittl. Ornatenth.	Ornatenthon mit *A. ornatus, bipartitus, bidentatus, hecticus* etc.
Unter. Ornatenth.	Lager mit *Posidonia ornati* *Jason*-Schichten mit *A. Jason, pustulatus, refractus* etc.

Oppel: Z. d. *A. anceps,* Z. d. *A. athleta.*

In **Franken** ist die Ausbildung des mittleren Jura der schwäbischen fast ganz entsprechend.

In **Lothringen** und **Luxemburg** beginnt die Schichtenfolge ebenfalls mit dunklen Thonen. Bald aber entwickeln sich gelbe bis braunrothe,

[1]) Gümbel, Geogn. Beschr. d. fränk. Alb, 1891, u. Geologie v. Bayern, II, Bd. 1894, S. 788.

eisenhaltige Sandsteine, die im nordwestlichen Lothringen und im Luxemburg'schen in ausgezeichnete körnige braunrothe Eisensteine, die in zahlreichen Tagebauen und Gruben gewonnene „Minette", übergehen. Diese berühmten Erze stellen für sich keinen paläontologischen Horizont dar; es sind nur örtliche Bildungen von sehr wechselnder Beschaffenheit, die zum grössten Theil der Zone d. *A. opalinus* u. d. *Trig. navis* angehören, während die ältesten Lager dem Basalhorizont des Dogger, der Zone d. *A. Levesquei*, die jüngsten der Zone d. *A. Murchisonae* zufallen [1]). Im oberen Dogger ist der hellgelbliche, in dicke Bänke gegliederte „Hauptoolith" als ein sehr charakteristisches Glied der Schichtenfolge und als ausgezeichneter Bau- und Werkstein (Kalk von Jaumont) zu erwähnen.

Nach Steinmann und van Werveke gliedert sich der braune Jura des fraglichen Gebietes von oben nach unten wie folgt [2]):

Oberer Dogger.

9. Unmächtige Mergel mit *Am. anceps* und *macrocephalus*.
8. Thone und Mergelkalke mit *Ostrea Knorri* und *Rhynchonella varians*.
7. Mergeloolith von Gravelotte mit *Amm. Parkinsoni* } Vesullian [3]).
6. Oolithkalk von Jaumont } Vesullian [3]).
5. Mergel von Longwy } Vesullian [3]).

Mittlerer Dogger.

4. Korallenreiche Kalke mit *Amm. Humphriesianus*.
3. Sandmergel mit *Amm. Sowerbyi*.

Unterer Dogger.

2. Thonig-sandige Schichten mit *Trigonia navis* und *Amm. Murchisonae*.
1. Thonige Schichten mit *Astarte Voltzi* (50, 4) und *Amm. striatulus*.

Von diesen Stufen entsprechen 1 und 2 = α + β Quenst., 3 = γ, 4 = δ, 5—7 = Unter — ε, 8 = Mittel — ε, 9 = Ober — ε und Unter — ξ.

Im **nordwestlichen Deutschland** zerfällt der mittlere Jura nach v. Seebach und Steuer [4]) in:

8. Ornatenthone. Dunkle Schieferthone mit *Amm. Lamberti, Jason, anceps, hecticus, Belemn. calloviensis, Astarte depressa* etc.
7. Macrocephalen-Sch. Eisenh. Sandsteine und Eisenoolithe oder Thone mit *Amm. macroceph.* und *funatus, Pholadom. Murchisoni* etc.
6. Feste Eisenkalkbänke mit *Pseudomonotis echinata* (58, 1), sogen. Cornbrash, in der Weserkette über 30 m mächtig. = Zone der *A. aspi-*

[1]) Benecke, Eisenerzform. D.-Lothr. u. Luxemb. Mitth. d. geol. Landesanst. Els.-Lothr. 1901.

[2]) Vergl. ausser den schon früher genannten Arbeiten dieser Forscher: Branco, Der untere Dogger Deutsch-Lothringens, 1879.

[3]) N. Jahrb. f. Min. 1880, II, S. 251, 367.

[4]) Glieder. d. Doggers i. nordwestl. Deutschl. Habil.-Schr. Jena 1897. Vergl. auch H. Menzel, Galgenberg u. Vorholz b. Hildesheim. Diss. Göttingen 1901.

doides und *A. discus* bei STEUER, mit den genannten Ammoniten, *A. fuscus*, *Belemn. subhastatus*, *Gresslya abducta* etc.

5. Schichten mit *Ostrea Knorri*, *Astarte pulla*, *Amm. Württembergicus*, *ferrugineus* etc.
4. *Parkinsoni*-Schichten mit *Amm. Parkinsoni.*
3. Coronatenschichten { Z. d. *A. Blagdeni* / " " *A. Humphriesianus* / " " *A. Sauzei*
2. Schichten mit *Inoceram. polyplocus* v. SEEBACH's { Z. d. *A. Sowerbyi* / " " *A. concavus* / " " *A. Murchisonae*

1a. Schichten mit *Amm. opalinus*
1. Schichten mit *Amm. affinis*

Im **östlichen Deutschland** fehlt gleich dem Lias gewöhnlich auch der untere Theil des Dogger. Zwar sind bei Grimmen südlich Stralsund Thone mit *Amm. opalinus,* und auf der Insel Wollin eisenschüssige Sande mit Harpoceraten und Belemniten der *Murchisonae*-Zone bekannt; bei Kammin aber, wo ein Bohrloch in der Tiefe kohlenführenden Lias angetroffen hat (S. 349), gehören die ältesten Doggerschichten der Zone mit *A. Parkinsoni* an. Ebenso verhält es sich in Oberschlesien, und auch Bohrungen bei Memel haben keine älteren Jurabildungen als Bath mit *Pseudom. echinata* und Kellaway ergeben. Auch noch weiter östlich, in Lithauen [1]) und Kurland, Polen und Russland fehlen, wie schon früher hervorgehoben, alle älteren Juraschichten [2]).

Als ein bemerkenswerthes, besonders durch eine Arbeit NEUMAYR's [3]) bekannt gewordenes Doggervorkommen sei noch das von Balin bei Krakau genannt, wo in einer noch keinen Meter mächtigen Oolithbank Fossilien auftreten, die in Süddeutschland die Schichten von ε bis ζ kennzeichnen.

In **England** ist die Zusammensetzung des Doggers in den verschiedenen Theilen des Landes eine ziemlich wechselnde.

Im Südwesten beobachtet man im unteren Theile der Schichtenfolge eine ähnliche Aufeinanderfolge von Zonen, von der des *A. opalinus* bis zu der des *A. Parkinsoni,* wie auf dem Continent. Der darüber folgende Gross-Oolith aber wird von oben nach unten gegliedert in:

Cornbrash, sehr versteinerungsreiche Kalke oder Mergel mit *Pseudom. echinata*, *Terebr. lagenalis*, *Echinobrissus clunicularis* etc. Einer der beständigsten, fast durch das ganze Land verfolgbaren Jurahorizonte.

Forest marble und Bradford clay. Kalke, Mergel, Thone, Sande u. s. w.

[1]) In Betreff des altbekannten Fundortes von Popiliani vergl. N. Jahrb. f. Min. 1894, II, 207.

[2]) Damit zusammenhängend sind unter den häufigen Jurageschieben im Diluvium Ostpreussens keine älteren als die beiden genannten Jurastufen vertreten.

[3]) Abh. d. k. k. geol. Reichsanst. V, 1871.

mit *Ostrea Sowerbyi, Rhynch. varians.* Der an der Basis liegende Bradford-Thon enthält u. a. *Ter. digona.*

Great oder Bath Oolite. Gelber, einen ausgez. Werkstein liefernder Oolithkalk mit vielen Gastropoden, Zweischalern, Korallen etc.

Stonesfieldslate und Fuller's earth (Fullonian). Graublaue, als Walkerde benutzte Thone und kalkknollenführende Mergel mit *Ostrea acuminata* etc. Die bei Stonesfield (Oxfordsh.) über ihnen folgenden kalkigen Stonesf. Sl. sind berühmt als Fundstätte von Säugethieren (*Amphitherium, Phascolother.* u. s. w.), Sauriern, Insecten — darunter ein Schmetterling — und Landpflanzen, in deren Begleitung sich Trigonien, Belemniten u. a. finden.

Die über dem Gross-Oolith liegenden kalkig-mergligen Kellaway-Schichten endlich gliedern sich hier wie anderwärts in:

Cordatus-Sch. mit *A. cordatus, Lamberti* etc.[1])
Ornatus-Sch. mit *A. ornatus, Jason* etc.
Macrocephalus-Sch. mit *A. macroceph., callaviensis* etc.

Weiter nach Norden zu stellen sich über den meist aus eisenschüssigen Sanden bestehenden Murchisonae-Schichten Brack- oder Süsswasserablagerungen ein. So besonders in Yorkshire, wo die zwischen Cornbrash und Murchisonae-Zone liegende Gesteinsreihe von oben nach unten folgenden bemerkenswerthen Wechsel mariner und ästuariner Bildung zeigt:

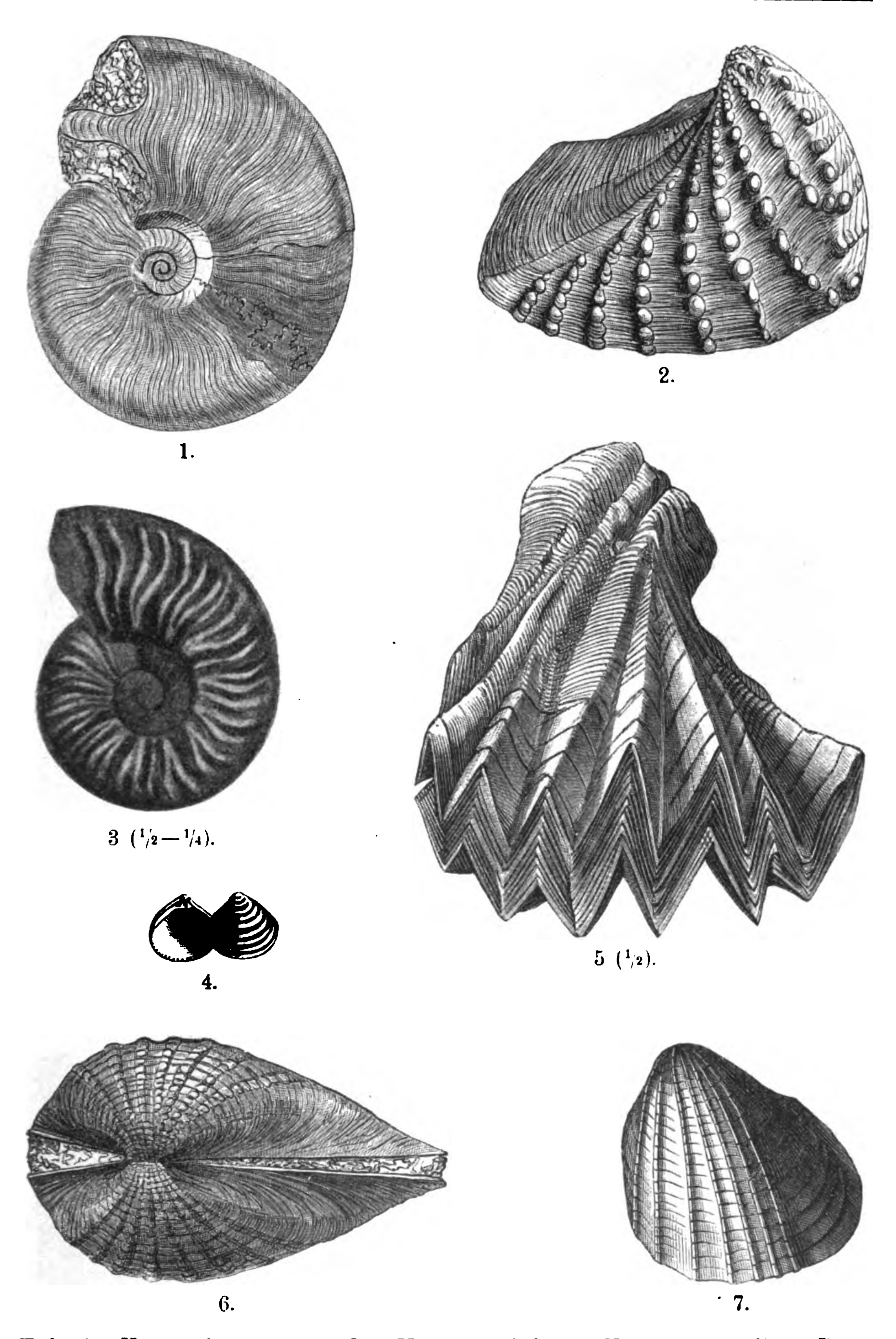
Cornbrash.
Upper estuarine series. 25—60 m Süssw.-Sch.
Scarborough or grey limestone series mit *A. Humphries.* etc.
Middle estuar. series. 15—20 m kohlige Sande und Schiefer mit *Unio, Cyrena* u. zahlr. schön erhaltenen Pflanzen (*Nilssonia, Podozamites, Pterophyllum, Baiera, Asplenium* etc.).
Millepore limestone mit *Cricopora straminosa.*
Lower estuar. series. 100 m pflanzenführ. Süssw.-Sch.
Murchisonae-Zone.

Der Dogger **Frankreichs** schliesst sich im Ganzen dem südenglischen und lothringischen an. Eisen- und Kalkoolithe spielen auch hier eine grosse Rolle. Bei Bayeux, Sully und anderen Punkten der Gegend von Caen (Normandie) enthalten solche Oolithe eine Fülle herrlicher Versteinerungen vom Alter der Coronaten-Schichten. Im Süden des Landes macht sich vielfach eine Transgression des Bajocien bemerklich.

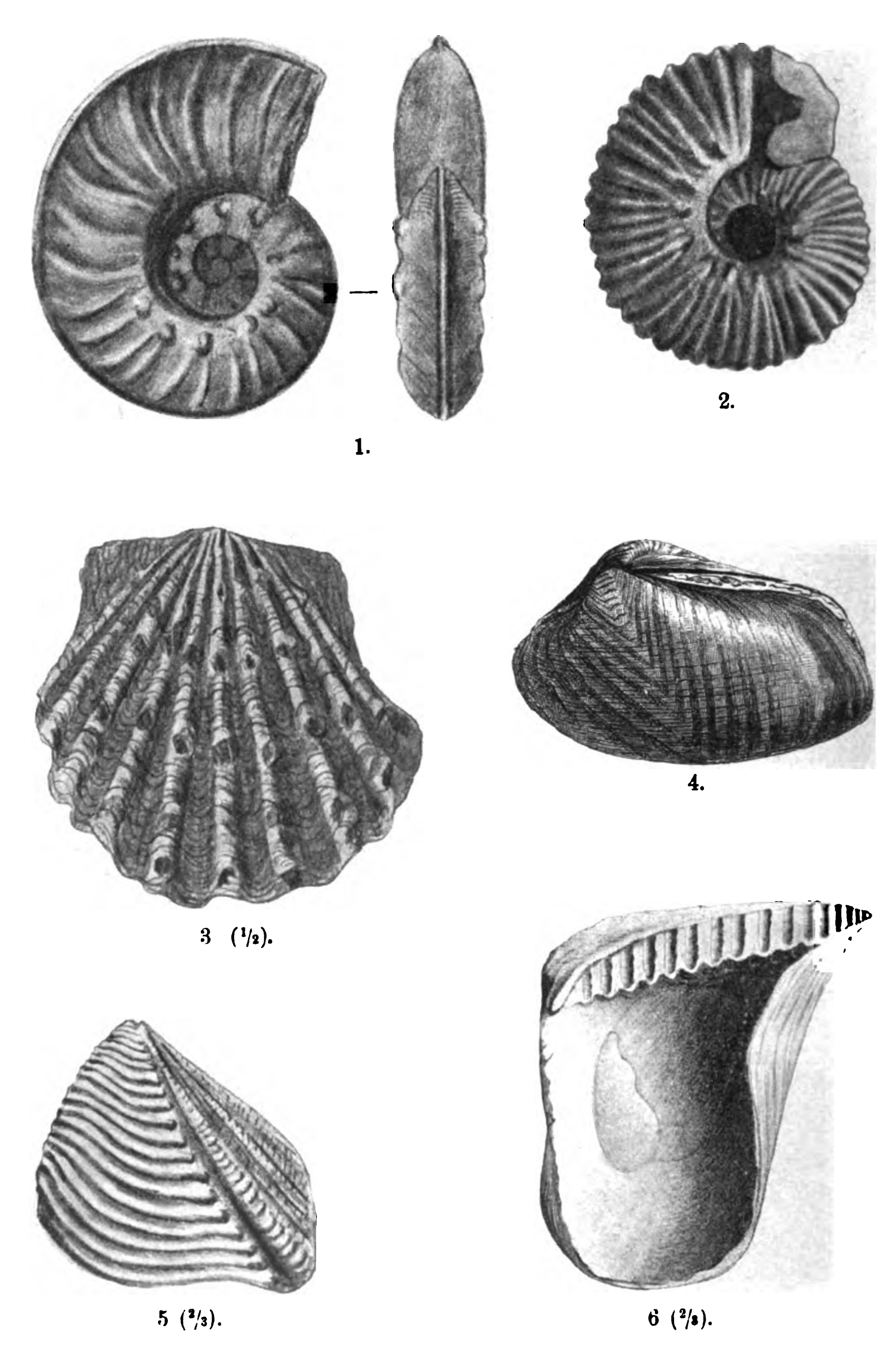
3. Der obere oder weisse Jura (Malm).

Die obere Abtheilung der Juraformation besteht in Mitteleuropa überwiegend aus mächtigen hellfarbigen, vielfach oolithischen Kalksteinen

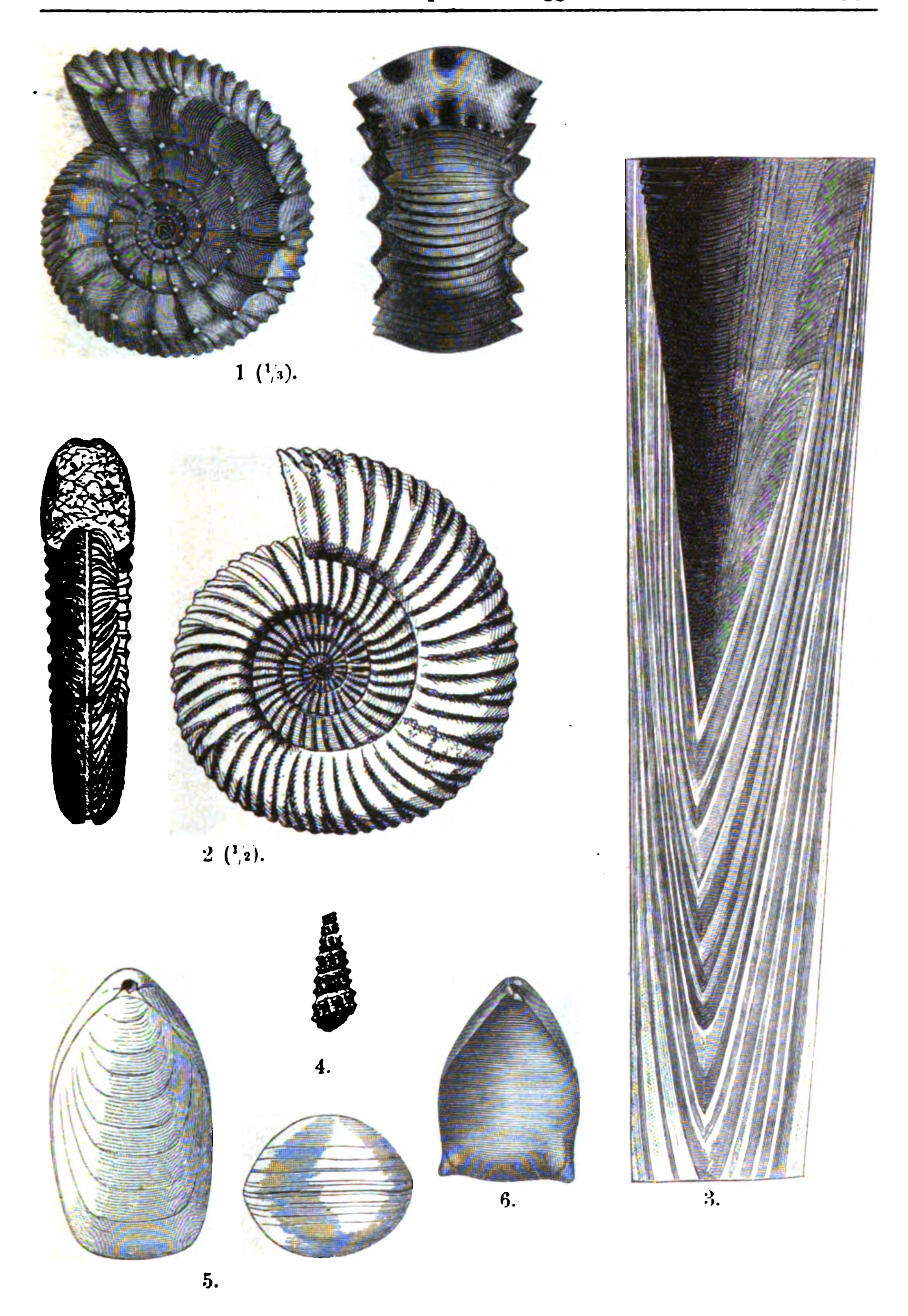
[1]) Nach Manchen schon die Basis der Oxford-Schichten des Malm.



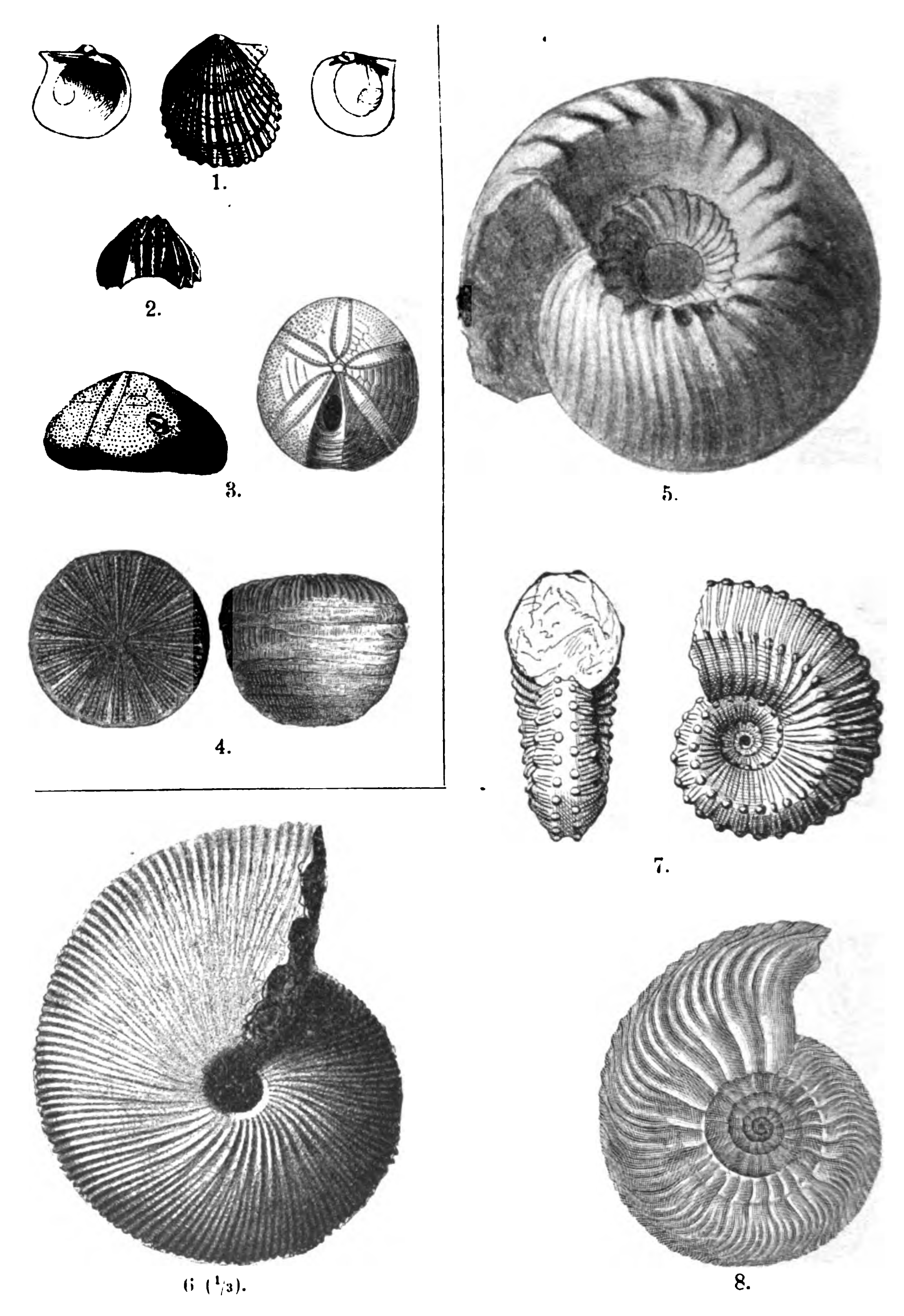
Taf. 50. Versteinerungen des Unterroolith. 1. *Harpoceras opalinum* Rein. 2. *Trigonia navis* Lam. 3. *Harpoceras Murchisonae* Sow. 4. *Astarte Voltzi* Ziet. 5. *Ostrea Marshi* Sow. 6. *Pholadomya Murchisoni* Sow. 7. *Phol. deltoidea* Agass.



Taf. 51. Versteinerungen des Unteroolith. 1. *Sonninia Sowerbyi* Mill. 2. *Stephanoceras Gervillei* Sow. 3. *Lima proboscidea* Sow. 4. *Goniomya Duboisi* Agass. 5. *Trigonia costata* Park. 6. *Perna mytiloides* Goldf.



Taf. 52. Versteinerungen des Unter- (1—4) und Grossoolith (5, 6). 1. *Stephanoceras Blagdeni* Sow. 2. *Parkinsonia Parkinsoni* Sow. 3. *Belemnites giganteus* Schloth. Medianschnitt durch das obere Ende der Scheide, mit vollständiger Alveole. 4. *Cerithium armatum* Goldf. 5. *Terebratula lagenalis* Sow. 6. *Ter. digona* Sow.



Taf. 53. Versteinerungen des Grossoolith (1—4) und Kellaway (5—8).
1. *Pseudomonotis echinata* Sow. 2. *Rhynchonella varians* Schl. 3. *Echinobrissus clunicularis* Lwyd. 4. *Montlivaultia caryophyllata* Lamx. 5. *Cadoceras Elatmae* Nikit., etwas schräg gestellt. 6. *Sphaeroceras macrocephalum* Schloth. 7. *Cosmoceras ornatum* Schl. 8. *Cardioceras cordatum* Sow.

Gliederung des mittleren Jura Mitteleuropas.

Deutschland						Frankreich	England	
Quenstedt		Oppel		v. Seebach	Neuere Autoren			
Oberer brauner Jura	ζ	Malm	*Amm. athleta* „ *anceps* „ *macrocephalus*	Ornatenthon Macrocephalenschichten	*Amm. Lamberti* „ *athleta* „ *Jason* „ *macrocephalus*	Callovien	Kellaway-rocks	Middle Oolite
	ε	Dogger	*Terebr. lagenalis* „ *digona* *Amm. Parkinsoni*	Sch. m. *Monot. echinata* „ „ *Ostrea Knorri* *Parkinsoni*-Schichten	*Amm. aspidoides* „ *ferrugineus* „ *Parkinsoni*	Bathonien	Great Oolite (Bath)	Lower Oolite
Mittl. braun. Jura	δ		„ *Humphriesian.*	Coronatenschichten	„ *Humphriesian.*	Bajocien oder Bajeux-Gruppe	Inferior Oolite	
	γ		„ *Sauzei*	Schichten m. *Inoceramus polyplocus*	„ *Sauzei* „ *Sowerbyi*			
Unt. br. Jura	β		„ *Murchisonae*		„ *Murchisonae* „ *concavus*			
	α		*Trigonia navis* *Amm. torulosus*	*Opalinus*-Schichten	„ *opalinus*			

oder Dolomiten. Infolge des Umstandes, dass namentlich vom Coralrag an neben Ablagerungen des tieferen Meeres an vielen Orten auch Seichtwasser- und Küstenbildungen auftreten, wechselt der paläontologische Charakter der oberjurassischen Kalke im Allgemeinen viel häufiger und beträchtlicher als derjenige der älteren Juraablagerungen. Während in den in grösserer Tiefe entstandenen Ablagerungen Ammoniten und daneben nicht selten Spongien die Hauptrolle spielen, herrschen in den Flachmeer- und Uferabsätzen bald Riffkorallen, Crinoiden und Seeigel, bald dickschalige Muscheln und Schnecken vor. Eine sehr eigenartige, offenbar in tiefen ruhigen Meeresbuchten entstandene Bildung stellen die berühmten lithographischen Kalksteine von Solnhofen und Pappenheim in Franken dar, äusserst fein- und gleichkörnige, plattige bis schieferige Kalke, die eine Fülle von Krustern, Crinoiden, Würmern, Quallen und nackten Cephalopoden, einige Ammoniten und Belemniten sowie Reste von landbewohnenden Sauriern, Vögeln und Insekten in zum Theil unübertrefflich feiner Erhaltung einschliessen. Als eine weitere, in mehreren Gegenden an der obersten Grenze der Formation auftretende Facies wären endlich brackische, gleichzeitig Meeres- und Süsswasserconchylien enthaltende, oder auch völlig ausgesüsste Bildungen zu erwähnen.

Für die verschiedenen Glieder des oberen Jura sind in noch grösserem Umfange als für die älteren Jurastufen englische Namen gebräuchlich geworden. Früher unterschied man als Hauptabtheilungen von unten nach oben Oxford, Coralrag (Corallien), Kimmeridge, Portland und Purbeck. Seit aber Oppel, Mösch und namentlich Waagen[1]) gezeigt haben, dass die früher überall dem Coralrag zugerechneten Korallenkalke des oberen Jura in verschiedenen Gegenden sehr verschiedene Niveaus einnehmen, haben viele Autoren die Unterscheidung des Coralrag als einer besonderen Jurastufe aufgegeben. In Frankreich ist in neuerer Zeit statt des Ausdrucks „Corallien" der von Tombeck herrührende Name „Séquanien" oder der von Greppin vorgeschlagene Name „Rauracien" üblich geworden. Das Purbeck stellt eine alleroberste, nur örtlich entwickelte, brackisch-limnische Bildung dar — nur ein kurzes Nachspiel des Portland, dem es auch in faunistischer Hinsicht sehr nahe steht.

In **Schwaben** hat Quenstedt wie den schwarzen und braunen so auch den weissen Jura in 6 Stufen (α—ζ) eingetheilt, aber mehr der Uebereinstimmung mit der Sechsgliederung der beiden tieferen Abtheilungen zu Liebe, als weil eine solche Eintheilung naturgemäss wäre. Als unterstes Glied, als α, nahm Quenstedt die über den dunklen Or-

[1]) Versuch ein. allg. Classific. d. Schichten d. ob. Jura, 1865.

natenthonen (oder dem braunen ζ) folgenden mächtigen lichten Mergel mit *Terebratula impressa*, die *Impressa*-Mergel; als oberstes Glied oder ζ aber den oben erwähnten lithographischen Kalk und die ihn in Schwaben vertretenden Plattenkalke (Cementkalk von Blaubeuren, Nusplinger Krebsscheerenkalk). Die zwischen α und ζ liegenden massigen oder mergeligen Kalke und Dolomite wurden in vier weitere, oft schwer zu trennende Stufen zerlegt. Den Hauptanhalt dafür gab das Auftreten von grossen Spongienanhäufungen in einiger Höhe über α. Diese Schwamm- oder Spongitenkalke wurden γ genannt, die geschichteten zwischen ihnen und α liegenden Kalke β, die geschichteten über γ lagernden Kalke δ, während endlich die noch höheren, namentlich bei Nattheim trefflich entwickelten Korallenkalke als ε bezeichnet wurden.

Neuere Untersuchungen haben indess gelehrt, dass die fraglichen Spongienmassen keineswegs überall demselben Niveau, sondern ganz ver-

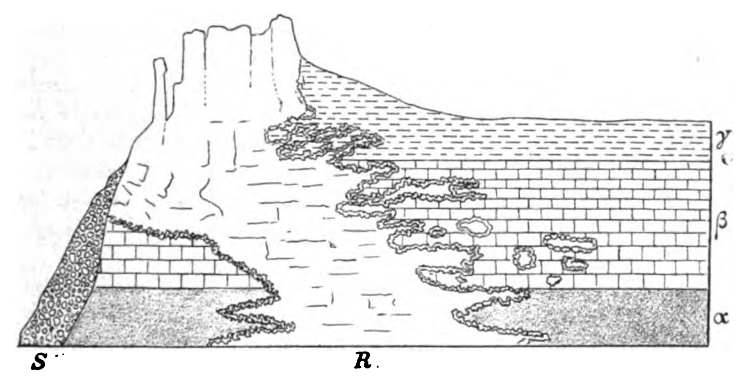


Fig. 68. „Spongienriff“ im unteren weissen Jura Schwabens. Nach E. Fraas.
Zwischen dem structurlosen Riff (*R*) und den geschichteten Bildungen liegt die aus Thon und Riffkalkstücken bestehende sogen. Vorriffzone. *S* Gehängeschutt.

schiedenen Horizonten angehören und nur örtliche Bildungen darstellen, die anderweitig durch Kalke und Mergel von gewöhnlicher Beschaffenheit vertreten werden. Dies gilt besonders für die untere Hälfte der Schichtenfolge, wo solche Spongienkalke, ganz nach Art vieler fossiler Korallen-, Algen- oder Bryozoenriffe, die wohlgeschichteten Sedimente von α, β und γ als ungeschichtete stockförmige Massen durchragen (Fig. 68). Aber auch im Niveau von δ kommen meist aus Lithistiden bestehende „plumpe Felsenkalke“ neben deutlich geschichteten Kalken vor; und ebenso spielt noch höher aufwärts die Rifffacies (ε Quenstedt) neben der geschichteten (ζ) eine Rolle, ohne dass es immer möglich wäre zu entscheiden, ob beide gleichalterig sind oder nicht. So bei den Nusplinger Schiefern und Krebsscheerenplatten, die in Mulden zwischen den Felsen-

kalken von ε liegend, vielleicht nur gleichzeitige, ausserhalb der Korallenriffe entstandene Bildungen darstellen. Nur der eigentliche Solnhofener Kalk ist unzweifelhaft jünger als ε[1]).

Die Gesammtmächtigkeit des weissen Jura Schwabens übertrifft die des schwarzen und braunen Jura (50 bezw. 150 m) bei Weitem und beträgt 300 bis über 400 m. Die Schichtenfolge enthält einen ausserordentlichen Reichthum von Versteinerungen (etwa 7000 Species) und lässt sich nach ENGEL folgendermaassen gliedern:

ζ. Lithograph. Schiefer von Nusplingen mit Flugsauriern, Fischen, Krebsen etc. Dickplattige, zum Theil oolithische Schiefer. Cementmergel von Blaubeuren u. s. w. Leitende Ammoniten: *Oppelia steraspis* u. *lithographica*.

ε. Ungeschichtete Marmorkalke und Dolomite. Korallenkalke v. Nattheim mit zahlr. Arten von *Isastraea* (**56**, 7), *Stylina, Thamnastraea* etc., Seeigeln (*Cidaris coronata* (**55**, 7), *elegans* etc.), Crinoiden, Brachiopoden u. a.

δ. Wohlgeschichtete oder massige Felsenkalke (Albkalke). In den ersten *Amm. mutabilis, Ernesti, balderus* etc., in den letzten zahlr. Lithistiden, grosse Brachiopoden (*Rhynch. lacunosa* und *triloboides, Terebr. bisuffarcinata* etc.).

γ. Ammonitenreiche thonige Kalke („Kragenplanulatenthone") oder Schwammbildungen mit hexactinelliden und lithistiden Spongien, Echinodermen (*Cid. coronata, Holectypus depressus* etc.), Brachiopoden (*Ter. bisuffarc. Rhynch. lacunosa* und *triloboid.*), Zweischalern und Schnecken. *Amm. tenuilobatus* (**55**, 1), *polyplocus* (**55**, 3), *Reineckianus, dentatus* etc.

β. Wohlgeschichtete Kalke oder Schwammbildungen. *Amm. bimammatus, colubrinus, biplex* etc.

α. Hellfarbige Impressa-Mergel mit *Terebr. (Zeilleria) impressa* (**54**, 7), *Amm. complanatus*, Zweischalern, Schnecken, Echinodermen u. a, zum Theil durch Schwammbildungen (Lochen u. s. w) ersetzt.

Transversarius-Schichten. Kalke und Thone mit *Amm. (Peltoc.) transversarius, A. subclausus, arolicus* etc.

Die Entwickelung des oberen Jura in **Franken** schliesst sich, abgesehen von der geringeren Mächtigkeit der Schichtenfolge, nahe an die schwäbische an. Indess verschwinden die Impressa-Mergel allmählich nach Osten zu, und in der oberen Hälfte des Complexes werden die plumpen Felsenkalke des „Frankendolomits" und darüber die Solnhofener Plattenkalke herrschend.

Die bis 100 m mächtigen Felsenkalke enthalten neben zahlreichen Korallen und Muscheln des Nattheimer Kalks (*Isastr. helianth., Enallohelia elegans* etc., *Ostrea rastellaris, Terebr. insignis, Rhynch. trilobata* etc.) auch einige bezeichnende Arten des norddeutschen und französischen Kimmeridge, wie *Pteroceras oceani* (**56**, 1) und *Exogyra virgula* (**56**, 3).

Die reiche Fauna der weltbekannten Solnhofener Plattenkalke oder des lithographischen Schiefers, der bei Pappenheim

[1]) ENGEL, Jahreshefte d. Ver. f. vaterl. Naturk. Württemb. Bd. 49, 1893.

und Solnhofen einen grossartigen Steinbruchbetrieb ins Leben gerufen hat, ist schon oben flüchtig berührt worden. Unter den etwa 500 bekannten Arten von Thier- und Pflanzeneinschlüssen haben keine ein allgemeineres Interesse erregt, als die des ältesten bekannten Vogels, der *Archaeopteryx lithographica* oder *macroura*. Berühmt sind auch die oft vollständigen Skelete von Flugsauriern (*Pterodactylus* und *Rhamphorhynchus*), kleinen Dinosauriern (*Compsognathus*), Krokodilen, Rhynchocephalen, Meeressauriern (*Ichthyos.*) und Schildkröten. Dazu kommen zahlreiche Ganoiden, Selachier und einzelne Knochenfische, ein Heer von Krustern und Insecten (Käfer, Fliegen, Libellen, Termiten u. a.), einige Ammoniten (*Opp. lithogr.* und *steraspis*, *Perisph. ulmensis*), Belemniten und Loliginiden, ferner zahlreiche Crinoiden (besonders die stiellose *Saccocoma*) u. a. m. Am merkwürdigsten aber ist vielleicht die Erhaltung der so überaus vergänglichen Medusen im Solnhofener Kalk.

In der Gegend von Kelheim (an der Mündung der Altmühl in die Donau) treten im Niveau des Solnhofener Kalks klotzige Korallenkalke auf, die unter Anderem die merkwürdige Zweischalergattung *Diceras* (**56**, 2), *Exogyra virgula* und Nerineen (**54**, 8) einschliessen.

Im **Reichslande** hat der obere Jura eine viel geringere Verbreitung als Dogger und Lias. Der untere Theil der Schichtenfolge besteht aus dunklen Oxford-Mergeln; darüber folgen 100 m feste helle, sich mit steilen Wänden erhebende Kimmeridge-Kalke.

Eine auch im Schweizer Juragebirge wiederkehrende Eigenthümlichkeit des südelsässer Malm ist das sogen. Terrain à Chailles[1]). Es sind das im Hangenden des Oxford liegende, der *bimammatus*-Zone (oder dem Rauracien und Séquanien) entsprechende Mergelkalke, die in Kieselkalkknollen eine Fülle kleiner verkieselter Versteinerungen einschliessen.

Der obere Jura **Nordwestdeutschlands** schliesst sich weit mehr an den Englands und Frankreichs als an den Süddeutschlands an. Mit K. v. Seebach, Heinr. Credner[2]) und Struckmann[3]) kann man von unten nach oben unterscheiden:

1. Oxfordschichten = Hersumer Sch. Seebach's. Dunkle kalkig-sandige Schichten mit *Amm. perarmatus* (**54**, 2), *cordatus*, *arduennensis*, *Gryphaea dilatata*, *Gervill. aviculoides*, *Pecten Buchi*, Pholadomyen u. a.

2. Korallenoolith (Coralrag, Corallien). Korallenreiche Kalke und Dolomite, zerfallend in a) Schichten mit *Ostrea rastellaris* und b) Schichten

---

[1]) H. A. Röder, Beitr. z. Kenntn. d. terr. à Chailles. Dissert., Strassb. 1882.

[2]) Ueber d. Glieder. d. ober. Juraform. u. d. Wealdbildung im nordwestl. Deutschl. 1863.

[3]) Der obere Jura der Umgegend von Hannover, 1878. — Derselbe, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1887, S. 32.

mit *Nerinea visurgis*. *Trigonia clavellata, Chemnitzia abbreviata, Arca bipartita, Astarte curvirostris, sulcata* u. a., *Ostrea deltoidea, Cidaris florigemma, Isastraea* etc.[1]).

3. Kimmeridge Kalke. Sie zerfallen in a) Mergelkalke mit *Terebr. humeralis*. *Nerinea tuberculosa* u. a., *Natica globosa*, *Terebr. bicanaliculata* etc. Fisch- und Saurierreste; b) *Pterocera*s-Schichten mit *Pteroc. oceani* (**56**, 1), *Cyprina Brongniarti, Pholadomya multicostata, Gervill. tetragona* etc., und c) Schichten mit *Exogyra virgula* (**56**, 3), einer kleinen, die oolithischen Kalkbänke zu Tausenden erfüllenden Auster. *Ostrea multiformis, Trigonia suprajurensis, Corbula mosensis, Terebrat. subsella* etc. [2]).

4. Portland. a) Oolithkalke und Mergelthone mit *Amm. gigas* und *portlandicus* und anderen, weniger bezeichnenden Arten. b) Eimbeckhäuser Plattenkalk mit *Corbula inflexa, alata* u. a., *Modiola lithodomus*, Cyrenen, Paludinen u. s. w.

5. Purbeck. a) Münder Mergel. Bis 300 m mächtige rothe und graugrüne, röth-ähnliche, gyps- und salzführende Mergel, die als Seltenheit *Corbula inflexa, Gervill. arenaria, Cyclas, Paludina* u. a. enthalten. b) Serpulit. Ein einige wenige bis 50 m mächtiger, häufig conglomeratischer, mit Röhrchen von *Serpula coacervata* durchzogener Kalk. Daneben einerseits *Cyrena angulata, elongata* u. a, Melanien, Hydrobien, Valvaten und andere Brack- und Süsswasserformen, andererseits Gervilleien *(obtusa, arenaria), Corbula inflexa, alata* u. a., *Modiola lithodomus, Psammobia, Belemnites* (Mus. Götting.), so dass die Fauna einen viel stärker marinen Anstrich hat als die der Münder Mergel und Eimbeckhäuser Plattenkalke. c) Purbeckkalk. Ueber 50 m mächtig werdende Kalke und Mergel mit Süsswasserfauna. *Cypridea punctata, Planorbis Loryi, Nerita valdensis, Physa, Valvata, Bythinia, Hydrobia* etc. [3]).

Im **nordöstlichen Deutschland** geht bei Kammin und Kolberg oberer Jura zu Tage. Es sind hellfarbige, eine reiche Zweischalerfauna enthaltende Kalke des Kimmeridge [4]).

In **England** wird der Oberjura wie in Norddeutschand in 5 Abtheilungen zerlegt:

1. Oxford clay. Meist dunkelblaue oder gelbliche Thone.

2. Corallian. Kalkige Sandsteine, Oolithe, Mergel, Thone mit gelegentlichen Korallenriffen. Unten *Gryphaea dilatata*, oben *Ostrea deltoidea*.

3. Kimmeridge. Dunkle Thone mit massenhafter *Exogyra virgula, Astarte supracorallina, Ammonites alternans, Amm. biplex, Lucina minuscula* etc., Saurierreste (*Ceratosaurus, Plesios., Ichthyos., Pterodactylus* etc.).

4. Portland beds. Unten Sand, Mergel und Kalksandstein, darüber hellfarbige oolithische Kalke mit Kieselknollen (sogen. Portlandstein). *Amm. gigas*,

[1]) Ueber das interessante Vorkommen einer *Diceras*-Art im oberen Korallenoolith der Hilsmulde vergl. Dubbers, Diss., Göttingen 1888.

[2]) Eine bemerkenswerthe Erscheinung im oberen Kimmeridge bei Echte (Hannover) sind sandige Einlagerungen mit einigen Brack- und Süsswasserconchylien *(Cyrena rugosa, Cerithium, Hydrobia, Valvata)* neben überwiegenden Meeresformen. Vergl. Perrin Smith, Jurabild. d. Kahleberges b. Echte. Diss., Göttingen 1893.

[3]) W. Koert, Grenzschichten zw. Jura u. Kreide etc. Diss., Göttingen 1898.

[4]) Deecke, Mesoz. Format. Pommern, 1894. In Betreff der Jurageschiebe im nordd. Diluvium vergl. Fiebelkorn, Z. d. d. g. G. 1893, 378.

biplex u. a., *Trigonia gibbosa* etc. Nur im Süden des Landes, auf der Halbinsel Portland entwickelt.

5. Purbeck beds. Ebenfalls nur im äussersten Süden des Landes, in Portland und an der Küste von Dorsetshire. Bis über 100 m mächtige, örtlich durch eine kleine Discordanz vom Portland geschiedene Kalke und Mergel, die in Unter-, Mittel- und Ober-Purbeck eingetheilt werden. Die Fauna ist im Allgemeinen brackisch (*Corbula inflexa, Gerv. arenaria, Cyrena rugosa* etc.); doch treten im Mittel-P. einige rein marine Zwischenschichten auf — so das mit *Ostrea distorta* erfüllte „Cinder bed" —, während das Ober-P. eine fast reine Süsswasserfauna mit *Cyrena, Unio, Cyclas, Paludina,* Krokodilen, Schildkröten u. s. w. enthält.

Eine bemerkenswerthe Erscheinung sind die sogen. Dirt beds des Unter-P., dunkle humöse Zwischenschichten mit noch in ursprünglicher aufrechter Stellung befindlichen Cycadeen- und Coniferenstämmen, offenbar ehemalige Waldböden. Nicht minder bekannt ist eine an der Basis des Mittel-P. von Dorsetshire entwickelte schwache, ganz mit Beutelthierresten (*Plagiaulax, Phascolotherium, Triconodon* etc.) erfüllte Schicht. Da in der genannten Grafschaft der untere Theil des P. meist aus Mergeln mit Gyps und Steinsalzkrystalloiden besteht, so liegt es nahe, ihn dem norddeutschen Münder Mergel, Mittel- und Ober-Purbeck aber unserem Serpulit und Purbeckkalk gleichzustellen.

Ganz andere Verhältnisse herrschen im Norden des Landes, in Yorkshire und Lincolnshire, wo statt der brackisch-limnischen Schichtenreihe (Purbeck und Weald), die im Süden zwischen Jura und Kreide eingeschoben ist, eine ununterbrochene Folge mariner, ammonitenhaltiger, von der älteren zur jüngeren Formation überführender Ablagerungen entwickelt ist. Die Kenntniss dieser wichtigen, besonders an der Steilküste von Speeton (unweit Cap Flamborough) in grossartiger Weise aufgeschlossenen Schichtenreihe ist lange vernachlässigt worden. Erst in neuerer Zeit hat der russische Geologe A. Pawlow mit Unterstützung englischer Fachgenossen diese Lücke ausgefüllt[1]). Es gelang ihm nicht nur eine wesentliche Uebereinstimmung mit dem obersten Jura und der untersten Kreide Centralrusslands nachzuweisen, sondern auch eine Anzahl bezeichnender russischer Juratypen, wie die Ammonitengattung *Virgatites* (**56**, 8), Belemniten aus der Gruppe des dickschaligen *corpulentus* und mehrere russische *Aucella*-Arten aufzufinden. Durch den im Anschluss an diese überraschenden Entdeckungen erbrachten Nachweis, dass auch die Portlandschichten von Boulogne an der französischen Küste des Canals Virgatiten, Belemniten und Aucellen enthalten, haben Pawlow's Arbeiten grosse Bedeutung erlangt. P. gliedert die fraglichen Schichtenreihen Nordenglands wie folgt:

[1]) Pawlow et Lamplugh, Argiles de Speeton et leurs équivalents. Bull. soc. imp. d. natur. Moscou, 1891, 1892. — Pawlow, On the classif. of the strata betw. Kimeridgian and Aptian. Qu. J. Geol. Soc. London, LII, 542, 1896.

Obere Spilsby-Sande von Lincolnshire mit *Polyptychites stenomphalus Belemn. lateralis, Aucella volgensis* etc. = Unterste Kreide.

Untere Spilsby-Sande mit *Craspedites subditus* = Aquilonian (marin. Aequ. d. Purbeck).

Sogen. Koprolithen-Sch. von Speeton, dunkle Schieferthone mit Phosphoritknollen mit *Virgatites, Belemn. absolutus* etc. = Ob. (?) Portland.

Bitum. Thone mit *Belemn. magnificus*, zerdrückten Ammoniten, *Aucella Pallasii, Discina latissima* etc. = Unt. Portland.

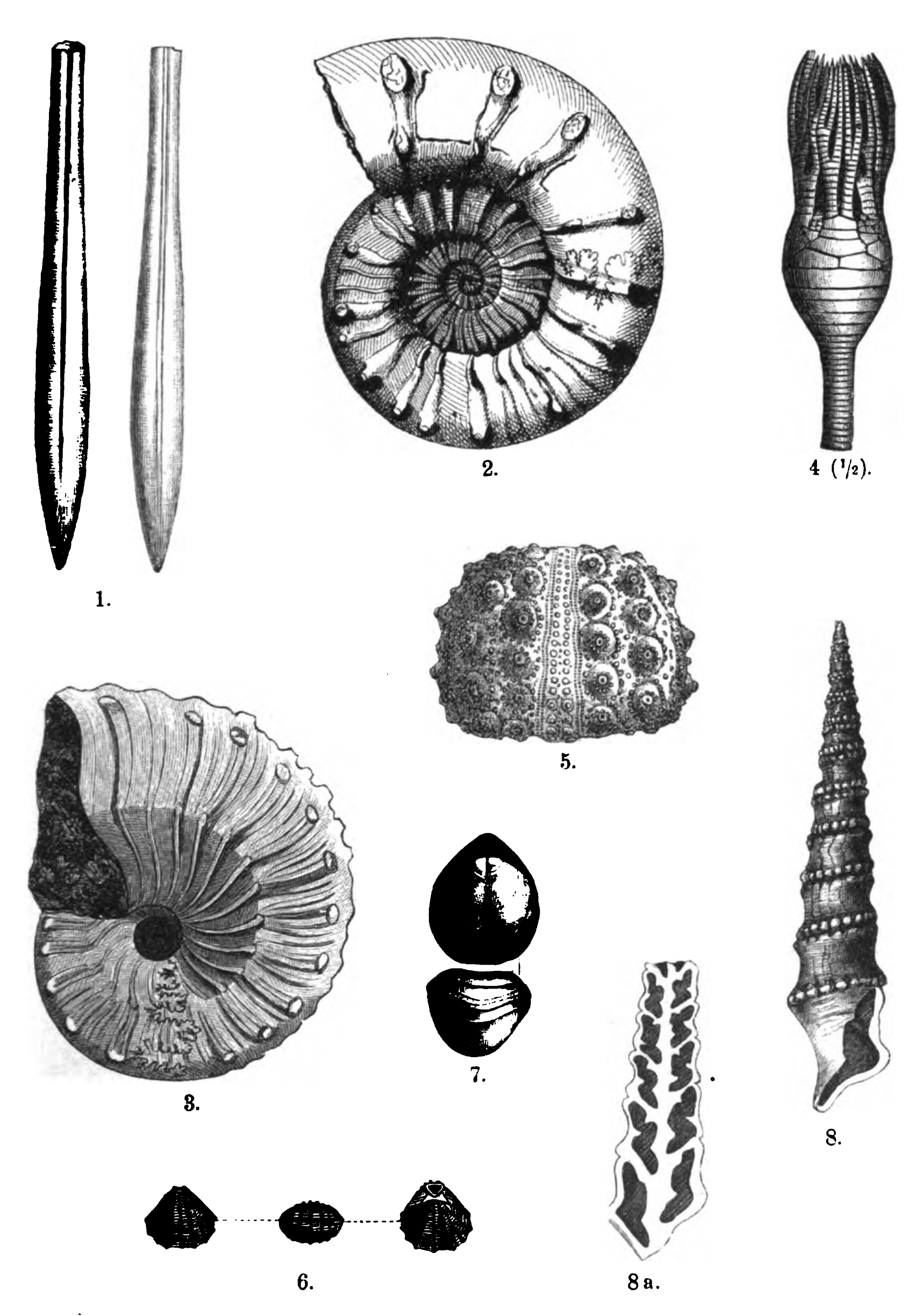
Thone mit *Hoplites pseudomutabilis* = Ob. Kimmeridge.

Der obere Jura **Frankreichs** schliesst sich im Allgemeinen nahe an den englischen an, besonders im Norden des Landes, während im Rhonebecken die Entwickelung mehr an die süddeutsche und schweizerische erinnert. Gewöhnlich lassen die Franzosen die Schichtenfolge schon mit dem Callovien beginnen und unterscheiden darüber als Hauptabtheilungen 1. Oxfordien, 2. Séquanien oder auch Rauracien und Séquanien — aus der Schweiz stammende Namen — 3. Kimmeridgien und 4. Portlandien einschliesslich Purbeck (vergl. Tabelle S. 375).

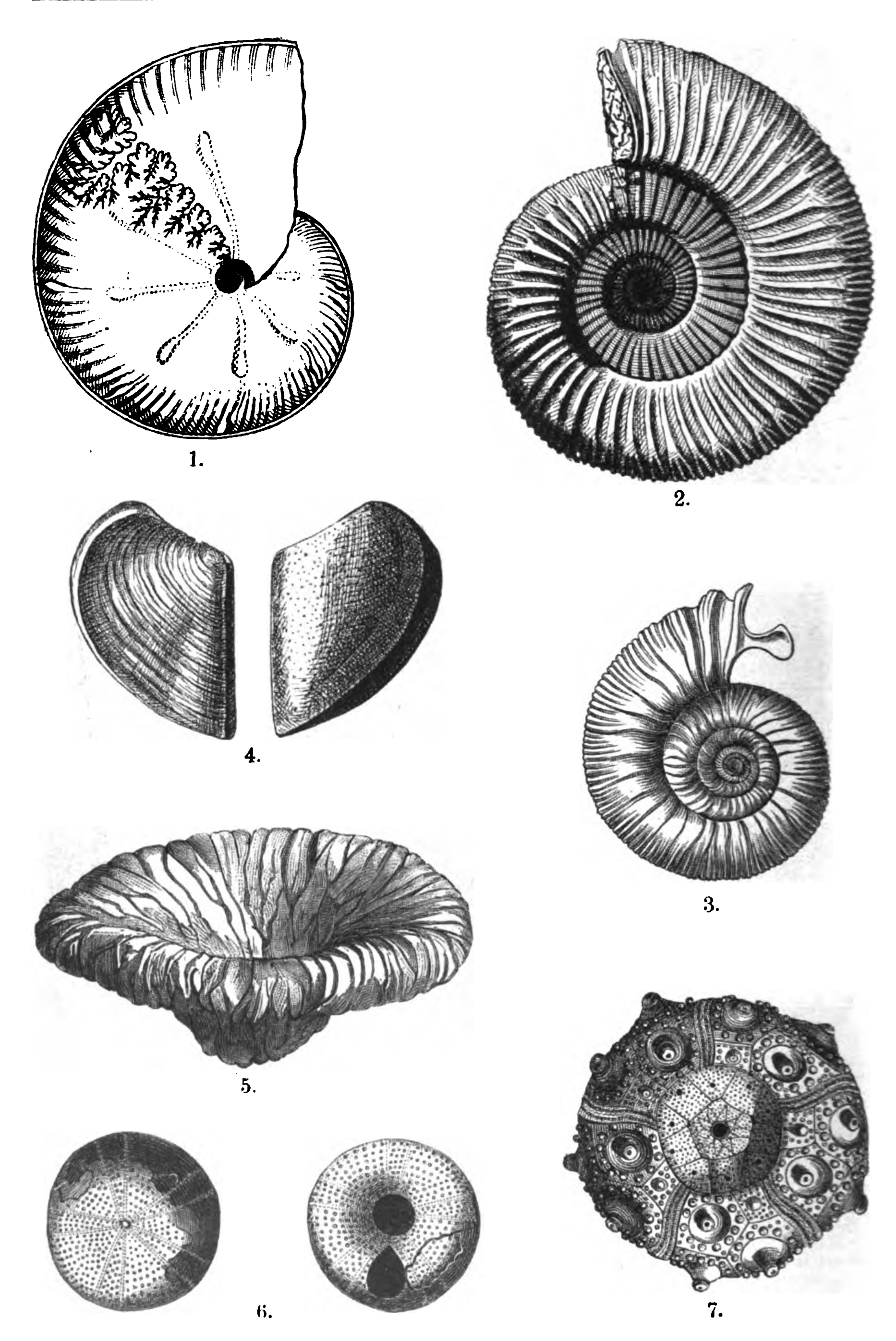
Die hangendsten Juraschichten sind einmal in der Normandie (Pays de Bray) und besonders bei Boulogne s. m. entwickelt. Hier treten, wie schon früher bemerkt, im oberen (?) Portlandkalk ausser den gewöhnlichen Versteinerungen bezeichnende Formen der obersten Jurabildungen Russlands auf: *Virgatites scythicus* u. a., *Belemnites russiensis* und *subquadratus* (?) und *Aucella.* Darüber folgen Schichten mit Cyrenen, *Cypris, Astarte socialis* etc., die als Purbeck-Aequivalente betrachtet werden können.

Aber auch viel weiter nach Süden zu sind diese jüngsten Horizonte der Formation gut vertreten. So in der Charente, nordöstlich der Garonne-Mündung, woselbst über den zuoberst brackisch werdenden Portlandkalken zunächst gyps- und salzhaltige Mergel, dann brackische Plattenkalke mit *Cyrena, Gervilleia, Paludina, Physa* u. s. w. liegen[1]. Noch überraschender aber ist die Uebereinstimmung des Purbeck im Juragebirge der Gegend von Neuchâtel mit dem Norddeutschlands. Ueber Kalken mit *Amm. gigas* und Nerineen liegen hier (Hauptlok. Villers-le-Lac) zunächst Dolomite, die petrographisch und faunistisch (*Corbula inflexa, Cyrena rugosa, Gervill. arenaria* etc.) ganz unseren Eimbeckhäuser Plattenkalken entsprechen. Dann folgen als Aequivalente unserer Münder Mergel keuperähnliche Gypsmergel, dann als solche unseres Serpulits und Purbeckkalks Kalkmergel mit *Corb. inflexa, Cyrena, Planorbis, Limnaeus, Physa, Valvata* etc., während die

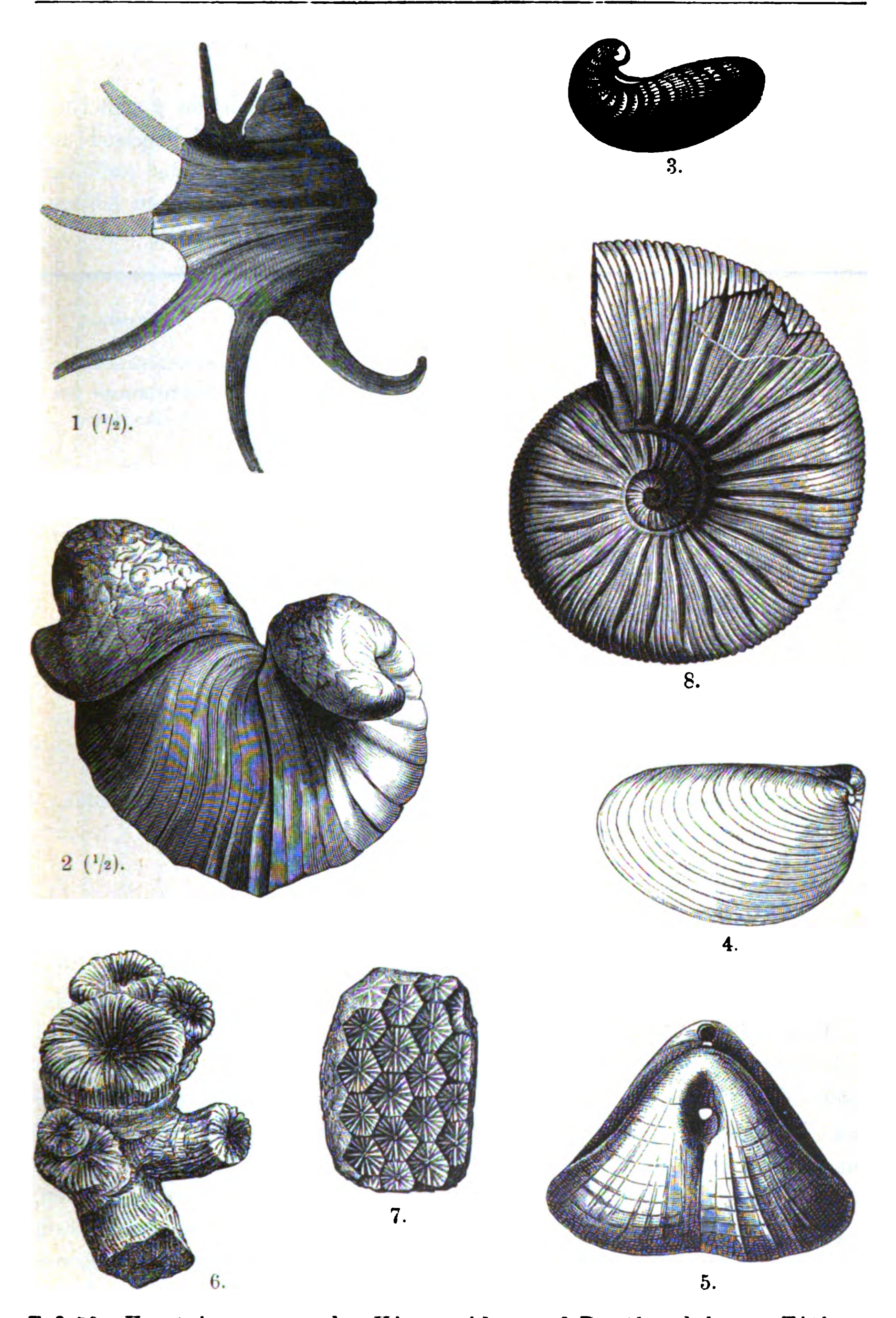
[1]) Glangeand, Bull. soc. géol. France. Bd. 25, 1897, S. 861.



Taf. 54. Versteinerungen des Oxford und Coralrag. 1. *Belemnites hastatus* Blainv. 2. *Aspidoceras perarmatum* Sow. 3. *Oppelia flexuosa* v. Buch. 4. *Apiocrinus Roissyanus* d'Orb. 5. *Hemicidaris crenularis* Lam. 6. *Megerlea pectunculus* Schl. 7. *Terebratula impressa* Bronn. 8. *Nerinea tuberculosa* A. Röm. 8a. Dieselbe im Längsschnitt.



Taf. 55. Versteinerungen des Kimmeridge. 1. *Oppelia tenuilobata* OPPEL. 2. *Perisphinctes Tiziani* OPP. 3. *Per. polyplocus* REIN. 4. *Aptychus laevis* v. MEY. 5. *Cnemidiastrum rimulosum* GF. 6. *Holectypus orificatus* SCHL. 7. *Cidaris coronata* GF.



Taf. 56. Versteinerungen des Kimmeridge und Portland bezw. Tithon. 1. *Pteroceras oceani* Brngn. 2. *Diceras arietinum* Lam. 3. *Exogyra virgula* Sow. 4. *Aucella mosquensis* v. Buch. 5. *Terebratula diphya* Colonna. 6. *Thecosmilia trichotoma* Gf. 7. *Isastraea helianthoides* Gf. 8. *Virgatites virgatus* v. Buch.

noch höheren, mit concordanter Lagerung folgenden Ablagerungen schon der Kreide zufallen [1]).

Wie aus diesen Mittheilungen ersichtlich, hat sich die gegen Ende der Juraperiode eintretende continentale Hebung von Süd-England und Hannover aus weit nach Süden hin geltend gemacht. Die auffällige Uebereinstimmung der damals entstandenen brackisch-limnischen Ablagerungen wird aus nachstehender Zusammenstellung ersichtlich:

	Nordwest-Deutschland	England	Gegend von Boulogne	Charente etc.	Juragebiet
Untere Kreide	Valanginien(m [2]))				Hauptmasse des Valanginien
	Wealden (l)	Wealden	Wealden?		Tiefstes Valang. m. *Natica leviathan*
Purbeck	Purbeckkalk (l) Serpulit (br) MünderMergel(br)	Upper Middle } Purbeck Lower	Purbeckien	Plattenkalk mit *Cyrena*, *Corbula* etc. Gypsmergel	Brack. Purbeckkalke Gypsmergel
Portland	Eimbeckh.Kalk (br) PortlandKalk(m)	Portland stone and sands	Portlandien	Kalk mit *Corbula inflexa* Portlandien	Portlanddolomite mit *Cyrena*, *Corbula* etc. Portlandkalke

II. Der alpine Jura.

Die auffällige Verschiedenheit der alpinen und ausseralpinen Trias wiederholt sich in ähnlicher, wenngleich lange nicht so schroffer Weise im Jura. In paläontologischer Hinsicht macht sich dieser Unterschied nach Neumayr namentlich in der grossen Entwickelung der Ammonitengeschlechter *Phylloceras*, *Rhacophyllites*, *Lytoceras*, *Haploceras* und *Simoceras* im ganzen alpinen Gebiete geltend, welche hier im Gegensatz zu den nur vereinzelten Arten dieser Gattungen im mitteleuropäischen Jura in allen Ammonitenschichten, ganz unabhängig von den Faciesverhältnissen, in grosser Artenfülle auftreten. Aber auch in der Gesteinsentwickelung machen sich vielfache Unterschiede vom mitteleuropäischen Jura geltend.

[1]) Maillard, Invertébrés du Purbeckien du Jura. Mém. d. l. soc. paléont. de Suisse, 1884.

[2]) m = marin, br = brackisch, l = limnisch.

Gliederung der oberen Jura Mitteleuropas.

	England	Frankreich		Norddeutschland	Schwaben	Zonen Oppel's	Zonen Neumayr's u. A.	Alpen etc.
Upper Oolite	Purbeck (Aquilonian)	Portlandien	supérieur (Purbeckien)	Purbeckkalk Serpulit Münder Mergel	—		*Amm. subditus* „ *transitorius*	Ti-
	Portland		inférieur	Eimbeckhäus. Plattenkalk Schichten mit *Amm. gigas (portlandicus)*	ζ	*Trigonia gibbosa*	*Amm. lithographicus* „ *portlandicus*	thon
	Kimmeridge	Kimmeridgien	Virgulien	Schichten mit *Exogyra virgula*	ε	*Pteroceras oceani*	*Amm. eudoxus*	*Acanthicus*-Schichten
			Ptérocerien	„ „ *Pteroceras oceani*	δ			
		Séquanien (de Lappar.)	Séquanien (Astartien)	„ „ *Terebratula humeralis* und *Natica globosa*	γ	*Astarte supracorallina* *Diceras arietinum*	„ *tenuilobatus* unt. Theil „ *Achilles*	
Middle Oolite	Coralrag		Rauracien	Korallen-Oolith { mit *Nerinea visurgis* „ *Ostrea rastellaris*	β	*Cidaris florigemma*	„ *bimammatus*	*Bimammatus*-Schichten
	Oxford	Oxfordien		Hersumer Schichten mit *Amm. perarmatus*	α	*Amm. biarmatus*	*Amm. transversarius* „ *perarmatus*	*Transversarius*-Schichten
	Kellaway	Callovien						

Als eine solche, ausserhalb der alpinen Region völlig unbekannte, in den Alpen aber in verschiedenen Horizonten sich wiederholende Ausbildung sind vor allem rothe ammonitenreiche Marmorkalke, die den Hallstätter Triaskalken sehr ähnlich sind, zu nennen. Nach einem Hauptvorkommen im Lias von Adneth unweit Salzburg wird diese Entwickelungsform wohl als Adnether Facies bezeichnet. Sie wiederholt sich auch in Siebenbürgen und der Bukowina. Eine andere eigenthümliche alpine Facies ist die sogen. Hierlatzfacies (nach dem H.-Berge im Salzkammergut). Es sind weisse oder röthliche dichte, oft von Breccien begleitete Kalke, die oft ausserordentliche Mengen von Brachiopoden und Crinoidenresten einschliessen. Ein weiteres auffälliges Gebilde, das zuweilen in mächtiger Entwickelung den ganzen oberen Jura sammt der unteren Kreide vertritt, sind die Aptychenschiefer, sehr einförmige dünnschichtige graue oder bunte Kalkschiefer, die von Versteinerungen fast nichts als die bekannten zweiklappigen flach-deckelförmigen, als Aptychen bezeichneten (**55**, 4) Ammonitenorgane einschliessen.

Die Gliederung des alpinen Jura stimmt im Allgemeinen sehr nahe mit der mitteleuropäischen überein. Namentlich im Lias und Unteroolith ist die Aufeinanderfolge der Zonen die nämliche wie in Deutschland und England. Indess macht sich im mittleren und oberen Jura eine auffällige Lückenhaftigkeit der Schichtenfolge geltend, die es mit sich bringt, dass abgesehen von einigen allgemeiner verbreiteten Zonen die übrigen nur von wenigen oder gar nur von einem einzigen Punkte bekannt sind.

Der **Lias** [1]) ist im grössten Theile des alpinen Gebietes gut entwickelt. Er tritt besonders als rother Ammonitenkalk mit Arietiten, Aegoceraten, Amaltheen u. s. w. auf. Daneben sind sehr verbreitet die sogen. Fleckenmergel. graue, gefleckte, plattige Mergelkalke mit zahlreichen Ammoniten. Im unteren und mittleren Lias spielen daneben die weissen oder rothen Hierlatzkalke eine grosse Rolle. Als eine sandig-mergelige, stellenweise (besonders bei Fünfkirchen in Ungarn) kohlenführende Uferbildung wären endlich die sogen. Grestener Schichten der Ostalpen und des Balkan zu erwähnen.

Das Auftreten der jüngeren Liasschichten ist in den Alpen vielfach mit kleinen Transgressionen verbunden, infolge deren sie nicht selten unmittelbar auf triassischen Ablagerungen aufruhen.

Der **mittlere Jura** ist im alpinen Gebiete viel spärlicher und versteinerungsärmer entwickelt als der Lias, wohl infolge einer sich mit Be-

---

[1]) Neumayr, Zur Kenntniss d. Fauna d. unterst. Lias in d. Nordalpen. Abhandl. d. geol. Reichsanst. 1879. Derselbe, N. Jahrb. f. Min. 1881, I, 207. — Rothpletz, Monographie der Vilser Alpen. Palaeontographica, 1886. — Böse, Monogr. d. Hohenschwangauer Alpen. Geogn. Jahresh. 1894. Vergl. auch E. Fraas, Scenerie der Alpen. Leipzig 1892.



ginn des Doggers einstellenden Regression des Meeres. Der Zone mit *Amm. Murchisonae* gehören die versteinerungsreichen oolithischen sogen. Gardakalke (Hauptlokalität Cap San Vigilio am Gardasee[1]) an; der Bathstufe die nordalpinen braunrothen eisenhaltigen Klausschichten[2]) und die südalpinen Posidonienschichten mit der weit verbreiteten *Posidonia alpina = Buchii;* als Vertreter des Kellaway endlich werden die brachiopodenreichen Vilser Kalke (nach Vils bei Füssen) angesehen.

Auch der untere Theil des **oberen Jura** ist in den Alpen nur schwach und sporadisch vertreten. Erst die jüngeren, meist in Form von Ammoniten- und Aptychenkalken, mitunter aber auch als Korallenriffe oder in anderer Ausbildung auftretenden Ablagerungen gewinnen sowohl in den Nord- als auch besonders in den Südalpen eine grosse Entwickelung. In den Südtiroler und venetianischen Alpen sind sie namentlich durch die Arbeiten von Benecke bekannt geworden, der zuerst an ihrer Basis einen fast allenthalben entwickelten Horizont mit *Ammonites (Aspidoceras) acanthicus* ausschied und auf Grund zahlreicher identischer Arten der mitteleuropäischen Zone mit *Amm.* (*Oppelia*) *tenuilobatus* (**55,** 1), also dem Kimmeridge gleichstellte[3]).

Ueber diesem, später in ausserordentlicher Verbreitung von der Tatra und dem Balkan bis nach Sicilien und Algerien verfolgten Gliede liegen ebenfalls in sehr grosser horizontaler Verbreitung weisse oder röthliche Marmorkalke, der sogen. calcare ammonitico rosso superiore[4]), die neben zahlreichen Ammoniten (*ptychoicus, lithographicus* u. a.) besonders die eigenthümliche gelochte *Terebratula* (*Pygope*) *diphya* (**56,** 5) enthalten[5]). Es sind diese Diphyakalke und ausserdem die ammoniten- und nerineenreichen, ihrem organischen Inhalte nach besonders durch Zittel bekannt gewordenen[6]) Stramberger Kalke (nach der Hauptlokalität Stramberg in Mähren), die zusammen das Tithon Oppel's[7]) ausmachen: eine un-

[1]) Vaček, Die Fauna der Oolithe von Cap S. Vigilio. Abh. d. geol. Reichsanstalt 1886.

[2]) Sie treten mit grossem Reichthum an wohlerhaltenen Ammoniten auch bei Svinitza im Banat, in Serbien und anderwärts auf.

[3]) Benecke, Trias und Jura in den Südalpen, 1866. — Vergl. auch Neumayr, Die Fauna der Schichten mit *Aspidoceras acanthicum.* Abhandl. d. geol. Reichsanst. 1873. — Favre, Monogr. d. l. zone à *Ammonites acanthicus* des Alpes suisses. Abh. d. schweiz. pal. Ges. 1877. — C. Mösch, Der Jura in den Alpen der Ostschweiz, 1872.

[4]) So benannt im Unterschied zum Adnether Kalk.

[5]) Als Seltenheit kommt *T. diphya* auch in den Nordalpen — so am Wendelstein — vor.

[6]) Cephalopoden und Gasteropoden der Stramberger Schichten. Mittheil. a. d. Museum d. bayer. Staates, 1868, 1873. — Derselbe, Fauna der älteren Tithonbildungen. Ebend. 1870.

[7]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1865, S. 535.

unterbrochene Folge ammonitenreicher Ablagerungen, welche unmerklich aus dem oberen Jura in die untere Kreide hinüberführen. Sie wurden, wie es scheint, während einer ansehnlichen Transgression des Meeres im Mediterrangebiete gebildet, die mit einer Regression der See in Mitteleuropa zusammenfiel. Die tithonischen Bildungen werden jetzt dem süddeutschen lithographischen Kalk (mit dem sie *Ammonites lithographicus* und *steraspis* gemein haben) sowie dem Portland und Purbeck gleichgestellt und in zwei Stufen zerlegt: eine untere, die Diphyakalke mit *Terebr. diphya*, *Amm. lithographicus*, *cyclotus* u. a., und eine obere, den Stramberger Kalk mit *Amm. transitorius* u. a., *Terebrat. janitor*, *Diceras Luci* u. s. w. Die letztgenannten jüngsten, am schönsten bei Stramberg und an der Porte de France bei Grenoble entwickelten Schichten haben mit der Kreide etwa ein Dutzend Species gemein [1]).

III. Der russische Jura.

Nachdem L. v. Buch 1840 aus der Gegend von Moskau die ersten russischen Juraversteinerungen beschrieben hatte, wurde diese Formation sehr bald durch die Arbeiten von Murchison [2]) und dem Grafen Keyserling [3]) in sehr grosser Verbreitung im mittleren und nördlichen Russland nachgewiesen. Wie schon früher bemerkt, fehlt in diesem ganzen Gebiete der Lias und alle tieferen Stufen des mittleren Jura. Die ältesten bekannten Jurabildungen gehören der Zone des *Amm. macrocephalus* oder stellenweise auch dem Ornatenthone an. Während aber diese ebenso wie die darüberfolgenden Oxfordäquivalente (mit *Amm. cordatus* und *alternans*) noch eine grosse faunistische Aehnlichkeit mit den gleichalterigen Ablagerungen Mitteleuropas aufweisen, ist diese Uebereinstimmung in den höheren Schichten erheblich geringer, so dass die genauere Parallelisirung der jüngsten russischen Jurabildungen erst in neuester Zeit gelungen ist. Nach Nikitin, Pawlow und Bogoslowsky [4]), denen wir diese Feststellungen in erster Linie verdanken, liegen über den Oxfordschichten zunächst Ammonitenschichten,

---

1) Eine grosse Rolle spielen für den Aufbau der Tithonkalke knollenförmige Stöcke einer Hydrozoe, *Ellipsactinia*, die bereits von den Nordalpen bis nach Mähren, Griechenland, Calabrien und Tunis nachgewiesen ist.

2) Murchison, de Verneuil u. Keyserling, Russia and the Ural Mountains, 1845. Der zweite, paläontol. Band enthält unter anderem die Beschreibung der jurassischen Versteinerungen durch d'Orbigny.

3) Wissenschaftl. Beobacht. auf einer Reise in das Petschoraland, 1846.

4) Nikitin, Bull. soc. belge de géol. etc. III, 1889. — Pawlow et Lamplugh, Argiles de Speeton etc. Bull. soc. imp. natur. Moscou, 1891. — Pawlow, Qu. J. G. S. Lond. LII, 542, 1896. — Bogoslowsky, Der Rjäsan-Horizont. Mater. z. Geologie Russl. XVIII, 1896. — Derselbe, Unt. Neocom u. Rjäs.-Hor. im Gouv. Simbirsk. Verh. d. k. miner. Ges. Petersb. 37, 1899.

die bei Simbirsk (an der mittleren Wolga) *Amm. eudoxus* und *Exogyra virgula*, also bezeichnende Kimmeridgeversteinerungen enthalten. Darüber folgt die sogen. Wolgastufe Nikitin's. Ihr unterer Theil, die sogen. Virgatenschichten, sind besonders durch *Amm. (Virgatites) virgatus* (**56,** 8) eine Form mit eigenthümlichen Büschelrippen, sowie durch verschiedene Arten der Zweischalergattung *Aucella* (*A. Pallasi, mosquensis* [56, 4] u. a.) ausgezeichnet. Auch in den oberen Wolgaschichten ist neben zahlreichen eigenthümlichen Ammoniten (*nodiger* etc.) und Belemniten besonders die grosse Zahl von *Aucella*-Arten (*Fischeriana, volgensis* u. s. w.) auffällig. Ueber diesen Schichten liegt der von Bogoslowsky zuerst im Gouv. Rjäsan ausgeschiedene, aber auch bei Moskau, Kaluga, Simbirsk u. s. w. entwickelte Rjäsan-Horizont mit *Ammonites rjasanensis, Aucella volgensis* etc. Während dieser Horizont faunistisch noch den Wolgaschichten nahe steht, enthalten die ihn bei Simbirsk unmittelbar überlagernden Sandsteine mit *Amm. stenomphalus* und *Gevrili* sowie die noch höheren Sande und Thone mit *Amm. hoplitoides, Keyserlingi, polyptychus* etc. eine wesentlich verschiedene, in vieler Hinsicht mit derjenigen der unteren Kreide Westeuropas übereinstimmende Fauna.

Die Parallelisirung dieser Ablagerungen, die im europäischen Russland eine ungemein grosse, einerseits bis ins Petschoragebiet, andererseits bis in die Weichselgegend (Lodz in Polen) und ins Orenburg'sche reichende Verbreitung besitzen, ist viel erörtert worden[1]. Für ihre Classification kommt namentlich in Betracht: 1. die Unterlagerung der Wolgabildungen durch unzweifelhaften Kimmeridge; 2. das Erscheinen von Virgatiten im Portland Englands und Nordfrankreichs sowie im Tithon von Niederfellabrunn in Nordösterreich, wo sie nach einer wichtigen Entdeckung Othenio Abel's[2] mit *Phylloc. ptychoicum* und anderen bezeichnenden Oberjuratypen zusammenliegen; 3. die wesentliche faunistische Zusammengehörigkeit der ganzen Wolgaschichten einerseits und der überliegenden, mit dem Rjäsan-Horizonte beginnenden Schichtenfolge andererseits, und endlich 4. die transgredirende Lagerung des genannten Horizontes im Gouvernement Rjäsan. Nach alledem scheint es sich zu empfehlen, die fraglichen Ablagerungen mit Bogoslowsky folgendermaassen zu gruppiren:

Schichten mit *Olcostephanus hoplitoides, polyptychus* u. a., *Aucella crassicollis* etc. = Ober-Valanginien.	Unter-Kreide
Schichten mit *Olcost. stenomphalus, Oxynoticeras Gevrili* und *Marcoui, Aucella crassic.* etc. = Unter-Valanginien.	
Schichten mit *Hoplites rjasanensis* und *hospes, Olcost. spaskensis, Aucella volgensis* und *Fischeriana, Belemnites lateralis* und *russiensis* etc. Rjäsan-Horizont = Berriasien.	

[1]) E. Haug, Portlandien, Tithonique et Volgien. Bull. soc. géol. France, Bd. 62, S. 197, 1898.

[2]) Verh. d. geol. Reichsanst. 1897, S. 343.

Obere Wolgaschichten mit *Olcosteph. nodiger, kaschpuricus, subditus* u. a., *Oxynoticeras catenulatum, Belemn. corpulentus* und *lateralis, Auc. volgensis* etc. = Aquilonien = Obertithon Untere Wolgaschichten mit Virgatiten (*V. virgatus* u. a.), *Perisphinctes scythicus, Nikitini* u. a., *Aucella Pallasi, mosquensis* etc. = Portland = Untertithon Schichten mit *Hoplites eudoxus* etc. = Kimmeridge	Ober-Jura

Nach Neumayr liegen die paläontologischen Eigenthümlichkeiten des russischen Jura darin, dass ihm die im alpinen Gebiete so reich, in Mitteleuropa aber nur spärlich vertretenen Ammonitengattungen *Phylloceras, Lytoceras, Haploceras, Simoceras* u. a., ebenso wie canaliculate Belemniten und Riffkorallen gänzlich fehlen; dass ferner die Ammonitengattungen *Oppelia* und *Aspidoceras* nur sparsam auftreten, während umgekehrt die Ammonitengeschlechter *Cardioceras, Cadoceras* u. a., die Gruppe des *Belemnites excentricus* und *absolutus* und vor allem Aucellen eine sehr grosse Entwickelung erlangen. Auch die Ammonitengattung *Virgatites* darf als borealer Typus betrachtet werden, wenn auch infolge von Verbindungswegen, die sich gegen Ende der Jurazeit zwischen dem arktischen und den südlicheren Meeren öffneten, einzelne Arten der Gattung zusammen mit Aucellen und russischen Belemniten bis nach England und Nordösterreich, ja vielleicht sogar bis nach Afrika gelangten.

Auch aus dem **hohen Norden Europas**, von Novaja Semlja, Spitzbergen (insbesondere König-Karls-Land) und Franz-Josefs-Land sind jurassische Ablagerungen von russischem Gepräge bekannt geworden. Auf König-Karls-Land beginnt der marine Jura mit Grossoolith mit der westeuropäischen *Pseudomonotis echinata*; dann folgt Kellaway mit *Sphaeroceras, Cadoceras, Quenstedticeras* etc., dann Oxford und Kimmeridge und zuletzt Wolgaschichten mit Aucellen (*Pallasi* etc.)[1]. Eine ähnliche, wenn auch nicht so hoch hinaufreichende Schichtenfolge findet sich auf Franz-Josefs-Land, dem nördlichsten Juragebiete der Erde. Die ältesten marinen Schichten gehören hier dem Bajocien an; darüber folgt Kellaway mit *Sphaeroceras, Cadoc. Tschefkini* d'Orb., *Nanseni* Pomp. etc., dann pflanzenführende Schichten mit *Gingko polaris* Nath., dann eine mächtige Basaltdecke[2]. Beide Gebiete sind sprechende Beweise sowohl für die ungeheure Verbreitung der russischen Juraentwickelung im circumpolaren Gebiete, als auch für die gewaltige Ausdehnung der jüngerjurassischen Transgression, die zumal in der Kellaway-Zeit nahezu universell war.

---

[1]) Pompecki, Oefvers kgl. Vetensk. Akad. Förh. Stockh. 1899, 449.

[2]) Derselbe, Norweg. N.-Polar-Exped. 1893—1896. Scientif. results edited by Fr. Nansen. II. Jurass. Fauna of Cape Flora, Fr. Jos.-Land. 1899.

IV. Aussereuropäische Jurabildungen.

Ueber diese können nur kurze Mittheilungen gemacht werden.

Asien. Die grössere nördliche, ganz Sibirien umfassende Hälfte Asiens fällt der borealen Jurazone zu. Am unteren Ob, Jenessei, Olenek, an der Lena und in Kamtschatka sind oberjurassische Ablagerungen mit Aucellen und den charakteristischen Belemniten bekannt. Auch die gleichaltrigen Bildungen der Halbinsel Mangischlak am Ostufer des Kaspisees geben trotz der hier auftretenden Nerineenkalke von kaukasischem Typus durch *Auc. Pallasi* und *volgensis* Beziehungen zum russischen Jura zu erkennen. Ja bis in das Himalaya-Gebiet, wo die schon länger bekannten dunklen Spiti Shales die ganze Folge vom Kellaway bis zum Tithon vertreten, machen sich im Erscheinen von Aucellen, Hopliten und Holcostephanen von russischem Charakter in den obersten Theilen der Schichtenreihe boreale Einflüsse geltend.

Lias findet sich erst im südlichen Sibirien, in Persien, im Kaukasus (*Amalth. margarit.*), Anatolien (Arieten), auf Borneo (*Harp. radians*), Timor, Rotti (Arieten und *Schlotheimia*) und Japan (Arieten).

Jüngere Jurabildungen sind im südlichen Asien aus dem Kaukasus (Kellaway von alpinem Habitus), aus Syrien (Oxford vom Hermon mit mitteleuropäischem Anstrich) und besonders aus Indien bekannt, wo bei Cutch unweit der Indusmündung eine sehr versteinerungsreiche, viele europäische Species einschliessende, mit dem Bath beginnende und bis zum Tithon reichende Schichtenfolge entwickelt ist[1]). Im Inneren Ostindiens, in der „peninsular area“ der indischen Geologen, finden sich nur festländische, kohlen- und pflanzenhaltige Jurabildungen.

Nordamerika. Hier ist Jura nur im Westen und hohen Norden vertreten. Im Norden (Aleuten, Alaska, Vancouver-Insel, Dakota und Wyoming, Patrikinsel, Ostgrönland) herrschen oberjurassische Schichten mit zahlreichen Aucellen, Belemniten aus der Gruppe des *absolutus*, *Cadoceras*- und *Cardioceras*-Arten etc. Nur auf Alaska, wo diese Bildungen als ungewöhnliche Erscheinung für die Borealregion auch ein *Phylloceras* enthalten, kommt nach White auch oberer Lias vor[2]), der sonst nur noch aus Californien (mit Arieten) und Nevada bekannt ist. In Californien sind auch jüngere Jurabildungen (Kellaway und Oxford) vorhanden. Während aber diese Stufen allem Anschein nach mitteleuropäischen Charakter besitzen, folgen die jüngeren, dem Kimmeridge angehörigen Ablagerungen dem russischen Typus — was auf eine da-

---

[1]) Waagen, Palaeont. Indica (9), I.

[2]) Pompecki, Verh. d. k. russ. min. Ges. Petersb. 38, 259, 1900.

mals eintretende Transgression des arktischen Meers in jenen Gegenden hinweist [1]).

Dem Oberjura gehören nach MARSH die limnischen *Atlantosaurus-beds* an, sandig-mergelige Bildungen, die den Ostabhang des Felsengebirges in den Staaten Dakota, Wyoming, Colorado und Utah auf eine Erstreckung von über 500 km begleitend, als Lagerstätte zahlreicher vom genannten Gelehrten beschriebener Dinosaurier (*Atlantosaurus, Brontosaurus, Ceratosaurus, Laosaurus, Stegosaurus* u. a.) berühmt geworden sind.

Central- und Südamerika. In Mexico ist der Lias (mit Arieten, Aegoceraten) gut vertreten; ebenso mittlerer Dogger (*Stephanoceras*) und Tithon (*Haploc., Holcosteph., Odontoceras, Hoplites, Aspidoceras*). Auch in Peru sowie in den Anden Boliviens, Chiles und Argentiniens ist Lias (*Oxynotic., Arietites, Aegoc., Amaltheus, Phylloceras, Harpoc. radians*) vorhanden [2]). Auf argentinischem Gebiete besteht er in der Hauptsache aus ungeheuren Conglomeraten und vulkanischen Tuffen mit allen Merkmalen einer transgredirenden Flachmeerbildung. Auch Dogger [3]) und Tithon [4]) sind in den argentinischen Anden versteinerungsreich entwickelt. Der erste (Unteroolith und Kellaway) hat, ähnlich wie der Dogger Chiles und Bolivias, wesentlich mitteleuropäischen Charakter; das Tithon dagegen (mit *Perisphinctes, Reineckia, Oppelia, Aspidoc., Odontoceras, Hoplites* etc.), das mit Conglomeraten beginnend, sich in gleicher Entwickelung bis zum 35. Grad s. Br. verfolgen lässt, äquatorialen Charakter, da es dem Tithon von Stramberg, der Ardèche und Krim ähnlich ist. Mehrere Arten des südamerikanischen Tithon und Dogger sind auch in Europa bekannt.

Afrika. Nach allem, was wir wissen, ist der Jura hier auf die nördlichen und östlichen Küstengebiete beschränkt, während das ganze Innere, der Süden und die Westküste von jurassischen Ablagerungen frei sind. Lias kennt man nur aus Algerien (*Spir. Walcotti, Phylloceras, Harpoc. radians*) und von der Westküste Madagaskars (*Lytoc. fimbr., Phylloc. heteroph.*). Unterer Dogger scheint in Afrika zu fehlen. Erst in der Zeit des oberen Bajocien und des Bathonien machte

---

[1]) PERR. SMITH, Mesozoic changes in California. Journ. of Geology III, 369, Chicago 1895. — Diese Transgression scheint ihre Wirkungen noch viel weiter nach Süden zu geäussert zu haben und auf das auffällige (dem von Madagaskar vergleichbare) Vorkommen von Virgatiten und Aucellen in Mexiko (N. J. f. Min. 1890, II. 273) Licht zu werfen.

[2]) GOTTSCHE, Paläontograph. Suppl. Bd. III, 1878. — STEINMANN, N. Jahrb. f. Min. 1882, I, S. 169. — Ebend. Beilageband I, 1881, S. 239. — MÖRICKE, Ebend. Beilageband IX, 1894. — BEHRENDSEN, Z. d. d. g. G. 1891, 1892.

[3]) STEUER, Paläont. Abh. v. DAMES u. KAYSER, 1897.

[4]) TORNQUIST, Paläont. Abh. v. DAMES u. KOKEN, 1898.

sich, wie in vielen anderen Gebieten der Erde, die jünger-jurassische Transgression geltend: das Meer überfluthete ansehnliche Theile der nördlichen und östlichen Küstenländer, so dass wir in Algerien Coronaten-Schichten mit *Stephan. Humphriesian.* und grossen Belemniten, im Somalilande und Abessinien [1]) Bath, in Deutsch-Ostafrika Kellaway, und auf Madagaskar mittleren und oberen Dogger (Stephanoceren, *Amm. Parkinsoni* und *macrocephalus*) antreffen. Noch grösser scheint die Verbreitung des oberen Jura zu sein. In Algerien und Tunesien finden sich Oxford, Kimmeridge und Tithon (*Terebr. diphya, Perisph. transitorius* etc.), in Abessinien ammonitenarmer (dem von Pruntrut im Berner Jura ähnlicher) Kimmeridge [1]), bei Mombassa nördlich Zanzibar dieselbe Stufe mit indischen Ammoniten, im deutschen Schutzgebiete [2]) endlich Oxford und besonders Kimmeridge mit indischem und mitteleuropäischem Anstrich (*Phylloceras, Perisphinctes,* Nerineen, *Pteroc. oceani, Rhynch. lacunosa*). Portland ist ausser in Algerien nur noch aus dem Somalilande und von Madagaskar bekannt, wo er nach einer neueren Mittheilung von Munier-Chalmas [3]) Perisphincten und Virgatiten einschliesst.

Australien. Auch hier ist Jura nur in der Nähe der Küste, im Süden und Südwesten des Landes, ausserdem auf Neuseeland bekannt. In Westaustralien handelt es sich um Conglomerate, Sande, Eisensteine und Kalke, die wahrscheinlich dem Unteroolith angehören und unmittelbar auf alten gefalteten Gesteinen aufruhen. Auf Neuseeland soll auch mariner Lias vorhanden sein, während der jüngere Jura dort wie auch in den inneren Theilen Australiens durch ähnliche kohlenführende Continentalbildungen vertreten wird, wie sie in Indien und in Innerafrika entwickelt sind.

Paläontologischer Charakter der Juraformation.

Die jurassische Flora setzt sich wie die triassische neben Farnen und Equisetaceen vorwiegend aus Cycadeen und Coniferen zusammen. Unter den letzten gehören *Baiera, Araucaria, Gingko* u. a. zu den häufigeren Erscheinungen, unter den Cycadeen *Zamites, Podozamites, Dioonites* u. s. w.

Von der ungemein reichen Fauna sind zunächst die Spongien als sehr entwickelt zu erwähnen. Namentlich im oberen Jura treten sie oftmals geradezu felsbildend auf. Von Lithistiden seien hier nur die

[1]) Futterer, Z. d. d. g. G. 1897.
[2]) Bornhardt, Deutsch-Ostafrika, Bd. VII, 1900.
[3]) Bull. Soc. géol. France, XXVII, 125, 1899.

Gattungen *Cnemidiastrum* (**55**, 5), *Hyalotragos* und *Cylindrophyma*, von Hexactinelliden *Tremadictyon* und *Craticularia* genannt.

Auch die Korallen treten namentlich im oberen Jura in grosser Mannigfaltigkeit auf. Am häufigsten sind zusammengesetzte, riffbildende Formen (wie *Thamnastraea*, *Isastraea* (**56**, 7), *Latimaeandra*, *Thecosmilia* [**56**, 6], *Calamophyllia* u. a.), die indess bereits auf die wärmeren Meere beschränkt waren. Von Einzelkorallen sei *Montlivaultia* (**53**, 4) genannt.

Sehr reich entwickelt sind die Echinodermen, bei denen namentlich das plötzliche starke Hervortreten der Echinoiden neben den bis dahin vorwaltenden Crinoiden bemerkenswerth ist. Unter diesen ist die Gattung *Pentacrinus* (**47**, 6) (mit fünfblättriger Zeichnung der Stengelglieder und ausserordentlich reich verzweigter Krone) an erster Stelle zu nennen, dann die namentlich im oberen Jura verbreiteten Geschlechter *Eugeniacrinus*, *Apiocrinus* (**54**, 4) und der stiellose *Antedon* (*Comatula*).

Bei den Echinoiden vollzog sich in jurassischer Zeit der Uebergang von dem bis dahin allein vertretenen regulär-fünfstrahligen zum bilateral-symmetrischen Typus. Noch im Lias herrschen ausschliesslich reguläre Formen, wie *Cidaris;* vom Dogger an aber gesellen sich dazu symmetrische Formen aus den Familien der Nucleoliten, Clypeiden u. a., wie besonders *Echinobrissus* (**53**, 3), *Holectypus* (**55**, 6), *Collyrites* u. s. w. Unter den Cidariden sind besonders verbreitet *Cidaris* (*coronata* [**55**, 7], *florigemma* etc.), *Acrosalenia* und *Hemicidaris*.

Unter den Mollusken zeigen die Brachiopoden selbst im Vergleich zur Trias eine wesentliche Abnahme der früheren Formenmannigfaltigkeit. Im Wesentlichen sind nur noch zwei Familien durch Artenreichthum und grosse Häufigkeit einzelner Species ausgezeichnet, nämlich die Terebratuliden (mit den Hauptgattungen *Terebratula* und *Waldheimia*, im oberen Jura auch *Megerlea* [**54**, 6] u. a.) und die Rhynchonelliden. Als letzte Nachzügler der paläozoischen Zeit finden sich im Lias noch einige Spiriferiden (*Spiriferina Walcotti* [**47**, 8] u. a.).

Von grosser Bedeutung sind die Conchiferen. Unter den Einmusklern ist besonders das Erscheinen massenhafter, hier zum ersten Male oft förmliche Bänke bildender, grosser ächter Austern (*Ostrea*, *Gryphaea*, *Exogyra*) hervorzuheben. Manche, wie *Gr. arcuata* (**47**, 5) *Ex. virgula* (**56**, 3) u. s. w., sind wichtige Leitformen. Auch *Lima* (**47**, 4) und *Pecten*, sowie unter den Heteromyariern *Avicula*, *Pseudomonotis* (**53**, 1), *Aucella* (**56**, 4), *Posidonia* (**49**, 5), *Gervilleia* u. a. sind sehr verbreitet. Unter den Homomyariern ist namentlich die schöne Gattung *Trigonia* (*navis* [**50**, 2], *costata* [**51**, 5], *clavellata* etc.) wichtig. Von Dimyariern seien nur *Astarte* (**50**, 4), *Diceras* (**56**, 2), *Cyprina* und *Isocardia* auf-

geführt, von Sinupalliaten, die noch spärlich entwickelt sind, *Pholadomya* (**50**, 6, 7), *Goniomya* (**51**, 4) und *Pleuromya*.

Die Gastropoden zeigen, abgesehen von dem sich zum ersten Male geltend machenden stärkeren Hervortreten der Siphonostomen, wenig Eigenthümliches. Sehr artenreich ist besonders *Pleurotomaria* (**48**, 6). Im oberen Jura spielt die thurmförmige, durch zahlreiche innere Spiralfalten ausgezeichnete Gattung *Nerinea* (**54**, 8) eine hervorragende Rolle. Im mitteleuropäischen Kimmeridge ist die Gattung *Pterocerus* mit der Leitform *Pt. oceani* (**56**, 1) wichtig. Die letzte Vertreterin der wesentlich paläozoischen Gattung *Conularia* findet sich im französischen Lias.

Weitaus am wichtigsten sind unter den Mollusken die Cephalopoden und unter diesen wiederum die sich im Jura zu wunderbarer Formenfülle entwickelnden, überall die hauptsächlichsten Leit- und Zonenfossilien abgebenden Ammoniten. Von triassischen Ammonitenfamilien setzen wesentlich nur die Phylloceratiden und Lytoceratiden mit den beiden Hauptgattungen *Phylloceras* (**49**, 1) (= Gruppe der Heterophylli L. v. Buch, mit involutem Gehäuse und sehr charakteristischen, blattförmig erweiterten Sattelköpfen der Sutur) und *Lytoceras* (**48**, 2) (= Fimbriati d'Orbigny, evolute Gehäuse mit „gewimperter" Querstreifung der Schale und grossem, symmetrisch zweitheiligem vorderen Seitenlobus) in den Jura fort. Alle übrigen Familien und Geschlechter sind neu. Für den Lias sind besonders wichtig die Gattungen *Arietites* (**47**, 2) (= Arieten v. Buch, nur im unteren Lias, mehr oder weniger evolut, mit einfachen, geraden, sich nicht auf den Rücken fortsetzenden Rippen; Rücken mit einem von zwei Kanälen eingefassten Kiel), *Aegoceras* (**48**, 1) (= Capricorni v. B., evolut mit einfachen, auf dem Rücken schildförmig abgeplatteten Rippen), *Psiloceras* (**47**, 3) (= Psilonoti Quenst., flach, weitnabelig, glatt bis fein quergestreift, mit höchstens gerade angedeutetem Kiel), *Amaltheus* (**48**, 3) (= Amalthei v. B., meist scheibenförmig, ziemlich involut, mit gekerbtem Kiel) und *Harpoceras* (**49**, 2, 3; **50**, 1, 3) (= Falciferi v. B., flache, hochmündige, gekielte Gehäuse mit sichelförmigen Rippen oder Streifen). *Amaltheus* reicht vom Lias bis zur Kreide, *Harpoceras* bis in den oberen Jura. Im mittleren Jura sind von besonderer Wichtigkeit *Stephanoceras* (**51**, 2 u. **52**, 1) (= Coronati v. B., dicke, breitrückige Gehäuse mit einfach beginnenden, sich aber später unter Knotenbildung gabelnden Rippen), *Sphaeroceras* (**53**,6) (= Macrocephali v. B., dick aufgeblähte, enggenabelte Gehäuse mit verengter Wohnkammer), *Parkinsonia* (**52**, 2) (flache, weitnabelige Gehäuse, Rippen auf dem Rücken an einer glatten Furche aufhörend), *Cosmoceras* (**53**, 7) (= Ornati v. B., mit stark verzierten, Knoten und Dornen tragenden,

mit Rückenfurche versehenen Gehäusen). Im borealen Kellaway ist sehr wichtig *Cadoceras* (**53**, 5) mit extrem dickem und breitrückigem, eng- und tiefgenabeltem Gehäuse. Im oberen Jura sind hauptsächlich zu Hause *Perisphinctes* (**55**, 2, 3) (= Planulati v. B., flache, weitnabelige, wenig involute Gehäuse mit sich jenseits der Mitte der Seiten gabelnden Rippen), *Oppelia* (**54**, 3; **55**, 1) (= Flexuosi v. B., Denticulati Quenst., flache, hochmündige, stark involute, theils nur schwach sculpturirte, theils reich verzierte und mit gezacktem Rückenkiele versehene Formen), *Aspidoceras* (**54**, 2) (= Armati v. B., dicke, rundrückige, meist glatte Formen mit mehreren Knotenreihen).

Gegen diese und noch viele andere in neuerer Zeit unterschiedene Gattungen von Ammoniten treten die Nautilen sehr zurück. Im Gegensatz zu den zum Theil reich verzierten und kantigen Arten der Trias sind die jurassischen Formen von normaler, gerundeter, mehr oder weniger involuter Gestalt. Dagegen erlangen die in der Trias nur durch ein paar vereinzelte Vorläufer vertretenen Belemnitiden im Jura eine sehr grosse Entwickelung. Namentlich die Gattung *Belemnites* selbst ist mit zahlreichen, zum Theil sehr grossen (bis 1 m lang werdenden) Arten in allen Stufen der Formation sehr verbreitet. Einige der wichtigsten Arten sind *paxillosus* (**48**, 4), *acuarius*, *clavatus* (**48**, 5) (Lias), *giganteus* (**52**, 3), *canaliculatus* (mittl. J.), *hastatus* (**54**, 1) (ob. J.). Von grossem Interesse ist endlich das Auftreten von nackten, mit den heutigen Loliginiden verwandten, tintenbeuteltragenden Cephalopoden im Posidonienschiefer des Lias und im lithographischen Kalk (*Geotheutis* [**49**, 4] u. a.).

Eine reiche Crustaceen- und Insectenfauna beherbergt namentlich der lithographische Kalk. Unter jenen sind zumal langschwänzige Decapoden (*Penaeus, Aeger, Eryon* etc.) reich entwickelt, während die kurzschwänzigen durch die kleine Gattung *Prosopon* und Verwandte vertreten waren. Für die bereits sehr mannigfaltigen Insecten sind die Liasschichten von Schambelen in der Schweiz und Dobbertin in Mecklenburg wichtige Fundstätten.

Von erheblicher Bedeutung ist weiter die Wirbelthierfauna. Unter den Fischen sind die heterocerken Ganoiden fast verschwunden. Unter den homocerken Ganoiden sind am verbreitetsten die merkwürdigen hochrhombischen Pycnodonten (*Gyrodus, Microdon*) und die Lepidosteiden (der grosse *Lepidotus* [Fig. 69], *Dapedius*, der langestreckte, durch stark vorragenden Oberkiefer auffällige *Aspidorhynchus* u. a.). Von Selachiern wären *Hybodus*, *Acrodus* u. a. zu nennen. Die zuerst

in der Trias auftretenden Knochenfische zeigen im Jura keinen wesentlichen Fortschritt. Es gehört dazu die kleine häringsähnliche Gattung *Leptolepis* (Fig. 70).

Am wichtigsten sind unter allen Wirbelthieren die Reptilien, die zu keiner Zeit vorher oder nachher so reich entwickelt waren als

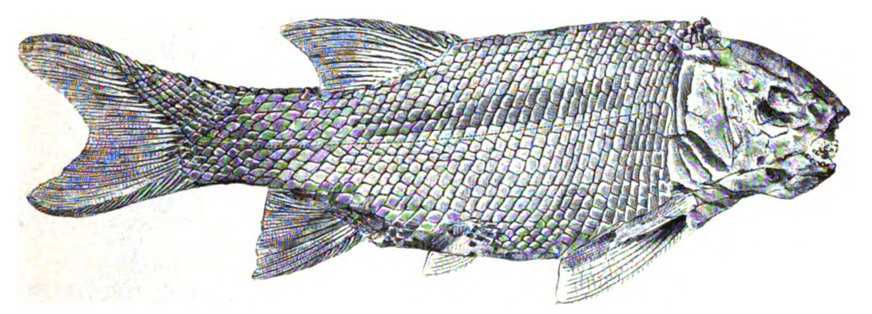


Fig. 69. *Lepidotus notopterus* Agass. (1/6—1/8).

in der Juraepoche, welche man daher passend als das Reptilalter der Erdgeschichte bezeichnet hat.

Die gewissermaassen auf der Grenze zwischen Amphibien und Reptilien stehenden paläozoisch-triassischen Stegocephalen waren bereits ver-

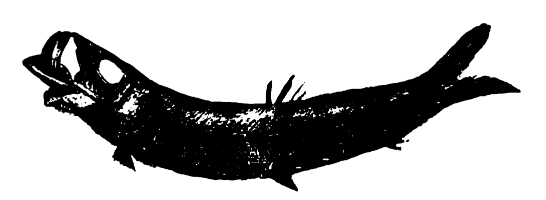


Fig. 70. *Leptolepis sprattiformis* Agass.

schwunden. Dagegen erreichen die bereits in der Trias vorhandenen Ordnungen der Ichthyosaurier und Plesiosaurier jetzt ihre Hauptentwickelung. Die bekanntesten und wichtigsten Gattungen dieser grossen, nicht über die mesozoische Zeit hinausreichenden Meeressaurier sind *Plesiosaurus* und *Ichthyosaurus* (Fig. 75 u. 76). Der erste ist durch auffallend langen schlangenartigen Hals und kleinen Kopf, der letzte durch grossen spitzen Kopf, kurzen Hals, mächtigen Schwanz und einen das Auge umgebenden Kranz von Knochenplatten, den sogen. Scleroticalring ausgezeichnet. *Plesiosaurus* wurde bis über 8, *Ichthyosaurus* bis 12 m lang. Beide waren nackthäutig, bei beiden die Extremitäten zu Ruderfüssen umgewandelt, beide besassen biconcave Wirbel, zahlreiche Bauchrippen und grosse konische gefurchte Zähne. Neue Funde bei Holzmaden in Württemberg, an denen die Körperhaut noch im Ab-

drucke erhalten ist, zeigen, dass *Ichthyosaurus* mit einer grossen zweilappigen senkrechten Schwanzflosse und einer langen hohen fleischigen Rückenflosse ausgestattet war (Fig. 73).

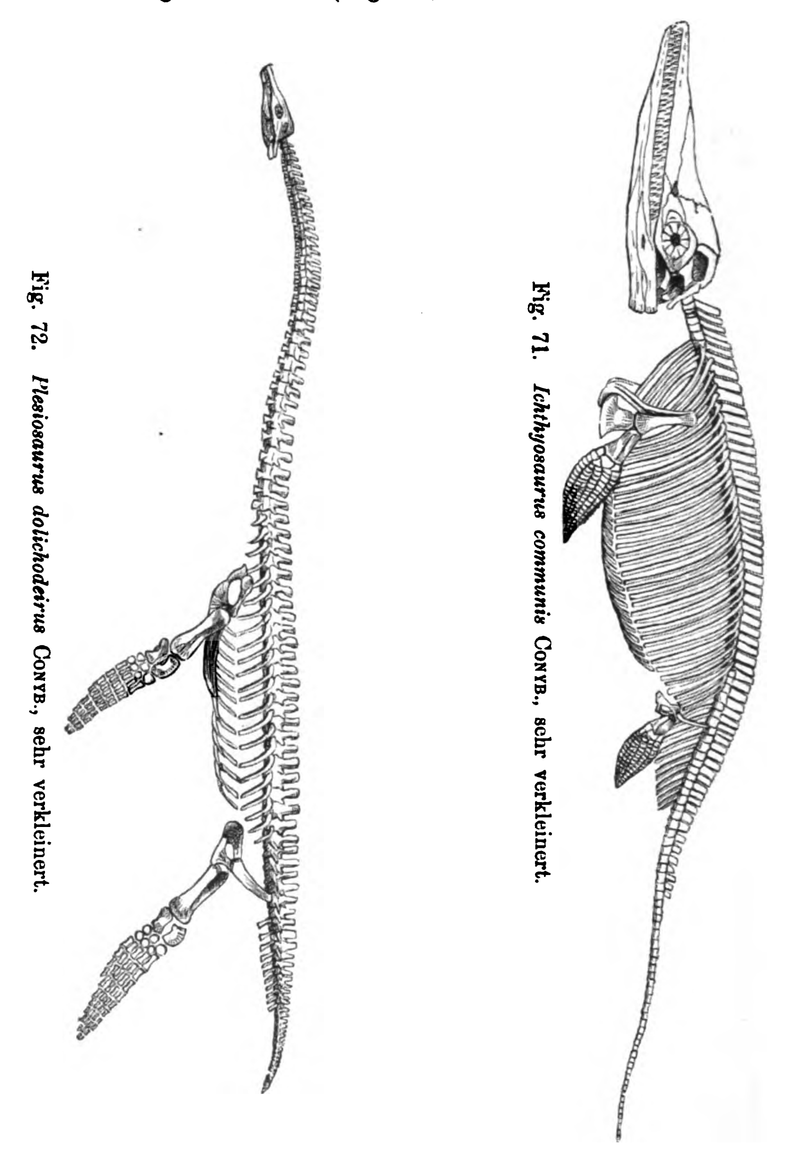


Fig. 72. *Plesiosaurus dolichodeirus* CONYB., sehr verkleinert.

Fig. 71. *Ichthyosaurus communis* CONYB., sehr verkleinert.

Eine andere höchst merkwürdige, ganz auf Jura und Kreide beschränkte Saurierordnung stellen die ebenfalls nackthäutigen **Pterosaurier** oder Flugsaurier dar. Sie besassen gleich den Vögeln pneumatische Knochen, einen verhältnissmässig sehr grossen, hinten eine geschlossene Kapsel bildenden Schädel, einen langen Hals und (wie die Flug-

vögel) ein gekieltes Brustbein, während ihre sonstige Organisation durchaus reptilartig war. Die Kiefer der jurassischen Formen waren stets bezahnt, die Zehen mit Krallen bewehrt. Die Haupteigenthümlichkeit dieser

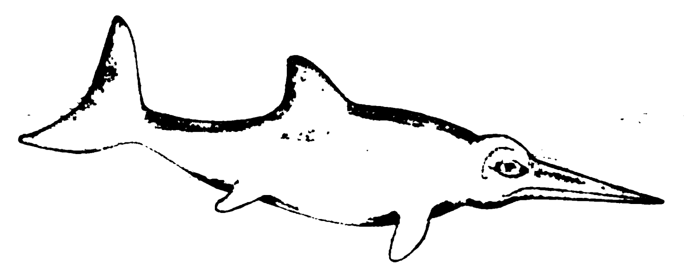


Fig. 73. Reconstruction von *Ichthyosaurus* (entworfen unter Benutzung einer von E. Koken nach einem Exemplar des Tübinger Museums angefertigten Skizze).

abenteuerlichen Geschöpfe aber liegt in der ungeheueren Verlängerung des äusseren Fingers der Vorderextremität. Er diente zum Ausspannen einer hinten am Hinterfusse befestigten Flughaut, die sich an einigen

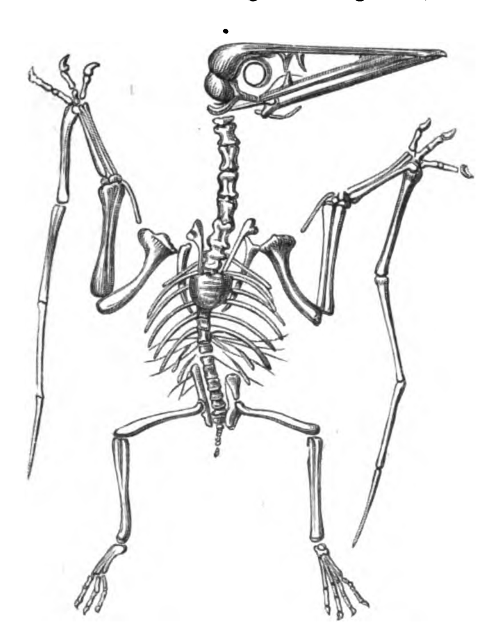


Fig. 74. *Pterodactylus spectabilis* H. v. Mey., etwas verkleinert.

besonders gut erhaltenen Exemplaren aus dem Solnhofener Kalk — der Hauptfundstätte der jurassischen Flugsaurier — noch hat im Abdruck beobachten lassen[1]). Die beiden Hauptgattungen sind der kurz- und

---

[1]) v. Zittel, Palaeontographica, 1882.

spitzschwänzige *Pterodactylus* (Fig. 74) und der lang- und steifschwänzige *Rhamphorhynchus* (Fig. 75).

Als eine weitere bemerkenswerthe Thatsache ist die starke Entwickelung der in der Trias noch spärlichen Schildkröten hervorzuheben. Sie kommen namentlich im oberen Jura von Solothurn, Solnhofen und Hannover in ziemlicher Häufigkeit vor. Neben ihnen waren durch

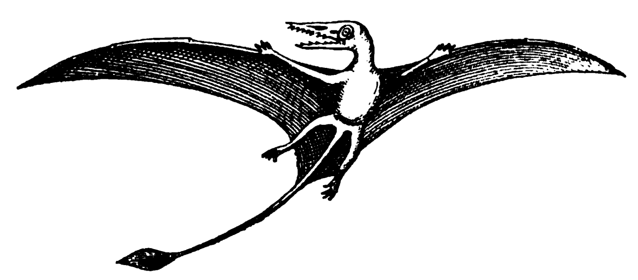


Fig. 75. Verkleinerte Ansicht einer Restauration von ***Rhamphorhynchus phyllurus*** MARSH. Nach MARSH.

ziemlich grosse Verbreitung und Mannigfaltigkeit noch die Crocodilier ausgezeichnet. Hierher gehören die gavialartigen, aber von den lebenden Formen durch das embryonale Merkmal biconcaver Wirbel abweichenden Gattungen *Mystriosaurus* und *Teleosaurus.*

Ziemlich mannigfaltig waren endlich auch die Dinosaurier entwickelt. Es gehört dazu der langhalsige, mit kurzen Vorder- und un-

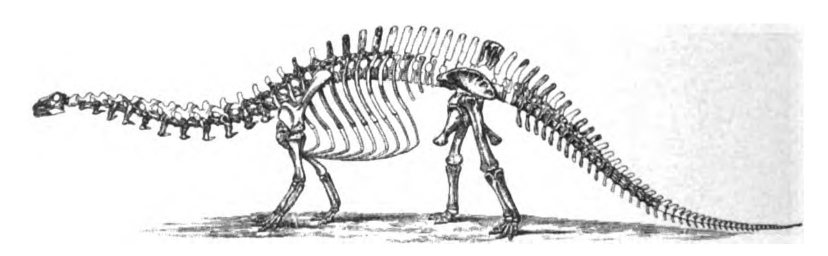


Fig. 76. ***Brontosaurus***, auf etwa $^{1}/_{150}$ verkleinert. Nach MARSH.

gemein langen Hinterextremitäten versehene, in der Beckenbildung vogelähnliche *Compsognathus* aus dem Solnhofener Kalk; ferner *Megalosaurus*, *Brontosaurus* (Fig. 76) und der über 30 m lang werdende *Atlantosaurus* aus dem oberen Jura von Wyoming. Aus diesem stammt auch der abentheuerliche *Stegosaurus*, der auf dem Rücken eine vom Kopf bis zum Schwanzende reichende Reihe hoher, senkrecht aus dem Körper hervorstehender Knochenplatten trug. Andere derselben Ordnung der Dinosaurier angehörige, auch besonders im oberen Jura von Wyoming sich findende Formen, wie *Ceratosaurus*, *Camptosaurus*, *Laosaurus* u. a.,

standen in ihrer ganzen Erscheinungsweise bereits den Iguanodonten der unteren Kreide nahe.



Fig. 77. *Archaeopteryx Siemensi* DAMES.
Auf etwa 1/3 verkleinerte Darstellung des Exemplares des Berliner Museums.

Von besonderem Interesse ist weiter das Auftreten des ältesten bekannten Vogels in der Gattung *Archaeopteryx* im Solnhofener Kalk (Fig. 77). Wie die bis jetzt aufgefundenen Exemplare[1]) zeigen, darf

[1]) Das eine wird in London, das zweite vollständigere im Berliner Museum aufbewahrt. Dieses letzte — wahrscheinlich eine besondere Art (*A. Siemensi*) — ist von W. DAMES monographisch bearbeitet worden. (Paläontol. Abhandl. 1884.)

dies Geschöpf im Wesentlichen als ächter Vogel angesprochen werden: das Gefieder, die geschlossene Schädelkapsel und der Bau des Fusses sind dafür ausreichende Beweise. Indess bilden die biconcaven Wirbel, die kleinen in Alveolen steckenden Zähne, der lange eidechsenartige Schwanz, die sehr dünnen am Ende zugespitzten Rippen, ausser welchen noch 12—13 Paar Bauchrippen vorhanden waren, die drei freien krallentragenden Finger der Vorderextremität u. s. w. Merkmale, die theils embryonaler Natur, theils für die Reptilien bezeichnend sind, so dass das merkwürdige Thier die grosse in der Jetztzeit zwischen Vögeln und Reptilien bestehende Kluft zum guten Theil überbrückt.

Jurassische Säugethiere sind bisher besonders im Dogger und Purbeck England's, ausserdem auch im oberen Jura von Wyoming bekannt. Sie gehören gleich denen der Trias zu den Multituberculaten Cope's (= Allotheria Marsh). Am wichtigsten sind die dem triassischen *Microlestes* nahestehenden Plagiaulaciden (*Plagiaulax* u. a.). Eine weitere Familie war die der eng mit den triassischen Tritylodonten verknüpften Bolodontiden (*Bolodon* u. a.). Andere jurassische Säugerreste (*Triconodon*) sind wahrscheinlich den Marsupialiern, noch andere (*Stylacodon*) vielleicht den Insectivoren zuzurechnen.

C. Kreideformation.

Geschichtliches und Allgemeines.

Die Kreide- oder cretacische Formation, das jüngste der drei grossen mesozoischen Systeme, stellt eine mächtige und vielgliederige, über die ganze Erde verbreitete Schichtenfolge dar. Der Name stammt aus England, wo wie in Nordfrankreich und im Ostseegebiete in der oberen Abtheilung der Formation die weisse Schreibkreide eine grosse Rolle spielt. Neben diesem auffälligen Gestein nehmen aber schon in den genannten Gebieten noch sehr verschiedene andere kalkige, thonige, sandige und conglomeratische Gebilde an der Zusammensetzung der Formation Theil, und in anderen Gegenden, wie in Sachsen und Böhmen, in den Alpen u. s. w. fehlt die weisse Kreide gänzlich, so dass der übrigens bei den Geologen aller Länder eingebürgerte Ausdruck Kreide für die in Rede stehenden Schichten keineswegs ganz glücklich erscheint.

Gleich dem Jura wurde auch die Kreideformation zuerst in England genauer bekannt. Schon W. Smith und seine unmittelbaren Nachfolger trennten dort (um das Jahr 1820 herum) eine untere glauconitisch-sandige Schichtenfolge, den Greensand, von der Schreibkreide und

den sie begleitenden Mergeln, dem Chalk, und schieden ausserdem ein dem Grünsand eingelagertes thoniges Gebilde als Gault aus. Der über diesem liegende obere Theil des Grünsandes wurde als Upper, der darunter befindliche als Lower Greensand bezeichnet. Endlich wurde schon damals eine mächtige, nur im südlichen England entwickelte Süsswasserbildung mit dem Namen Wealden beds belegt.

In sehr ausgezeichneter Weise ist die Kreideformation auch in Frankreich entwickelt, wo sie sowohl im Norden als auch im Süden des Landes, freilich in beiden Gebieten in sehr verschiedener Ausbildung, auftritt. Sie ist hier in umfassender Weise zuerst durch d'Orbigny [1]) untersucht worden. Dieser Forscher unterschied ursprünglich (zu Anfang der 40er Jahre) für die untere Abtheilung der Formation drei Glieder, nämlich das Néocomien, das Aptien und das Albien, für die obere Abtheilung aber vier Glieder, nämlich das Cénomanien, das Turonien, das Sénonien und das Danien. Später (1850) fügte er für helle, an eigenthümlichen Zweischalern reiche, von ihm früher als oberes Néocomien classificirte Kalke Südfrankreichs, die sich jetzt als eine besondere Facies des Barrémien und unteren Aptien erwiesen haben, noch das Urgonien hinzu. Jede der beiden Hauptabtheilungen der Kreide zerfiel nunmehr in vier Etagen.

In Deutschland hat man zwar schon lange einzelne Glieder der Kreideformation, wie den Quadersandstein, den Plänerkalk und Hils, mit besonderen Namen unterschieden; allein der vielfache den norddeutschen Kreidebildungen eigene Facieswechsel sowie die im Allgemeinen ungünstigen Aufschlüsse haben uns erst verhältnissmässig spät zu einer richtigeren Auffassung und Gliederung dieser Ablagerungen gelangen lassen. Unter den Ersten, die sich in Deutschland eingehender mit dem Studium der Kreideformation beschäftigt und ihre Versteinerungen beschrieben haben, sind besonders H. Br. Geinitz [2]), Fr. A. Römer [3]) und Reuss [4]) zu nennen. Das sogen. Wälderthongebirge des nordwestlichen Deutschlands, eine mächtige, an der Basis der Kreideformation liegende, dem englischen Wealden entsprechende Süsswasserbildung, fand etwa um dieselbe Zeit eine Bearbeitung durch W. Dunker [5]). Um die weitere Erforschung der norddeutschen Kreide haben sich Beyrich,

---

[1]) Paléontologie française. Terrain crétacé, 1840—1846.

[2]) Charakteristik d. Schichten und Petrefacten d. Sächs-Böhm. Kreidegebirges, 1839—1843. — Das Quadersandsteingebirge oder Kreidegebirge in Deutschland, 1849—1850.

[3]) Die Versteinerungen d. norddeutsch. Kreidegebirges, 1840—1841.

[4]) Die Versteinerungen d. böhm. Kreideform., 1845—1846.

[5]) Monographie der norddeutschen Wealdenbildung, 1846.

Ewald, F. Römer, v. Strombeck, Heinr. Credner u. A. und in neuester Zeit besonders Schlüter und v. Könen verdient gemacht.

Für die obere Kreide haben wir uns in Deutschland der d'Orbigny-schen Gliederung angeschlossen. Indess betrachten viele Geologen das Danien nur als eine besondere Facies des oberen Senon, und ausserdem scheiden andere mit Schlüter die unter dem Senon liegenden sogen. „Emscher-Mergel“ als eine selbständige Abtheilung aus. Die untere Kreide wurde bei uns bis vor kurzem so eingetheilt, dass man ihre grössere untere Hälfte als Neocom bezeichnete, während man die Aequivalente des Aptien und Albien nach dem Vorgang von v. Strombeck Gault nannte, wobei aber dieser Ausdruck in einem weiteren Sinne gebraucht wurde als von den Engländern. Daraus ergab sich die folgende allgemeine Gliederung der Kreideformation in den drei Hauptländern des westlichen Europa:

	Deutschland	England	Frankreich
Obere Kreide	Danien Senon Emscher Mergel Turon Cenoman	Chalk { Upper Middle Lower } Upper Greensand	Danien Sénonien Turonien Cénomanien
Untere Kreide	Gault Hils oder Neocom | Wealden	Gault Lower Greensand Wealden	Albien Aptien Néocomien

In England hat sich trotz manchen Widerspruchs die obige Eintheilung bis heute erhalten; in Frankreich und der Schweiz dagegen ist die Gliederung der Kreide seit d'Orbigny's Zeiten immer mehr ins Einzelne gegangen. Dies gilt besonders für die untere Kreide, für welche sich allmählich eine Sechsgliederung herausgebildet hat, die sich nach A. v. Könen ohne weiteres auch auf Deutschland übertragen lässt. Diese sechs Abtheilungen, die sich durch ihren reichen organischen Inhalt den Abtheilungen der oberen Kreide als völlig gleichwerthig erweisen, sind von oben nach unten:

Albien
Aptien
Barrémien
Hauterivien
Valanginien und
Berriasien.

Die letztgenannte Stufe ist nur in der südfranzösisch-alpinen Region entwickelt und bei uns und in Südengland durch das Weald vertreten.

Für die obere Kreide Norddeutschlands hatten schon die Arbeiten v. Strombeck's den Grund zu einer weitergehenden Gliederung gelegt. Auf dieser Grundlage fortarbeitend hat später Cl. Schlüter[1]) eine Zoneneintheilung der ganzen nordwestdeutschen oberen Kreide durchgeführt, welche, wie Untersuchungen der letzten Jahrzehnte in Frankreich, der Schweiz und England gelehrt haben, im Wesentlichen auch für diese Länder Gültigkeit hat.

Die Abgrenzung der cretacischen Schichten gegen das Tertiär ist in ganz Mittel- und Nordeuropa sehr scharf, und auch die Trennung vom Jura ist gewöhnlich sehr deutlich, was sich daraus erklärt, dass das Auftreten der unteren Kreide meist mit einer Transgression zusammenfällt, infolge welcher die oft mit Conglomeraten (Hilsconglomerat Norddeutschlands u. s. w.) beginnenden tiefsten Schichten der Unterkreide übergreifend auf älteren Bildungen auflagern. In anderen Gegenden, wie im Bereiche des deutsch-englischen Wealden, beginnt die Kreide mit Süsswasserbildungen, von denen die überliegenden marinen Schichten mehr oder weniger scharf getrennt bleiben. In noch anderen Gebieten, wie im Schweizer Juragebirge und einigen Gegenden Frankreichs, hängt die Schärfe der Trennung damit zusammen, dass die obersten Schichten des Jura brackisch, die Kreideschichten aber rein marin sind. Nur wo sowohl der oberste Jura als auch die unterste Kreide gleichmässig aus marinen Ablagerungen besteht, ist die Trennung der beiden Formationen schwierig und bis zu einem gewissen Grade willkürlich. So im alpin-mediterranen Gebiete, wo das meist pelagisch entwickelte Tithon ganz allmählich und unmerklich in die faciell ähnlich entwickelten Kreideschichten überzugehen und beide Bildungen durch eine ganze Reihe gemeinsamer Species verknüpft zu sein pflegen. So auch in Nordengland (Yorkshire) und Centralrussland, wo eine Folge von ammonitenreichen Ablagerungen mit zum Theil identen Species ohne merkbare Grenze von der älteren zur jüngeren Formation überführt.

---

[1]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1876, S. 457.

Ganz allgemein theilt man die Kreideformation in eine untere und eine obere Abtheilung. Manche Geologen betrachten beide als gesonderte Systeme und beschränken den Namen Kreide auf die obere Abtheilung, während sie die untere als subcretacisch (oder infracretacisch) bezeichnen. Die Grenze zwischen beiden Formationsabtheilungen ist in einigen Gegenden Englands, wo der Gault nach oben ganz allmählich in den Grünsand übergeht, undeutlich; im übrigen Europa ist die Trennung zwischen unterer und oberer Kreide meist ausserordentlich scharf. Dies hängt mit einer grossen, sich mit Beginn des Cenoman geltend machenden Transgression zusammen. Die Thatsache, dass diese Transgression nicht nur in Europa, sondern auch in allen übrigen Welttheilen zu beobachten ist, zeigt, dass wir es hier mit einer der gewaltigsten überhaupt im Laufe der Erdgeschichte eingetretenen Veränderungen in der Vertheilung von Wasser und Land zu thun haben. Ungeheurere Flächen, die lange Perioden hindurch Festland gewesen waren, wurden damals vom Meere überfluthet und mit Kreidesedimenten bedeckt. Als Beispiele für diesen grossartigen Vorgang sei das Auftreten des Cenoman bei Essen und Namur unmittelbar auf carbonischen, bei Dresden und Regensburg unmittelbar auf archäischen Gesteinen erwähnt. Auch in Böhmen und im europäischen Russland, in Skandinavien, im südwestlichen England, in den Ardennen, in der Umgebung des armorikanischen Massivs, des Centralplateaus und der iberischen Meseta, ferner in Syrien, Kleinasien, Persien und Arabien, in Vorder- und Hinterindien, auf Borneo u. s. w., in ganz Nordamerika, in Brasilien und an der gegenüberliegenden Westküste Afrikas (Kamerun, Angola), über grosse Flächen von Nordafrika, auf Madagaskar und in Australien: in allen diesen Gebieten treten Ablagerungen der oberen Kreide unmittelbar auf oft sehr viel älteren Gesteinen auf.

Diese mächtige Transgression machte sich übrigens keineswegs plötzlich und unvermittelt geltend; vielmehr gingen ihr schon während der ganzen älteren Kreideperiode, vom Neocom an und während des Aptien und Albien, ähnliche, wenn auch schwächere Ueberfluthungen voraus. In der Cenomanzeit erreichte das Meer seine grösste Verbreitung, seine Tiefe aber blieb im Allgemeinen gering. Erst in der nachfolgenden Turonzeit erreichte die See ihre grösste Tiefe, wenn auch ihre horizontale Verbreitung keine weiteren Fortschritte machte. Die grosse Meeresausdehnung dauerte während des ganzen Turon an; erst mit Beginn des Emscher trat eine deutliche Regression ein, die fast die ganze Senonepoche über anhielt und erst in deren letzter Phase, zur Zeit der Ablagerung der Belemnitellenschichten, einer neuen schwächeren Ueberfluthung der Continente Platz machte.

Nach E. HAUG[1]) würden sich alle diese Meeresverschiebungen in der angegebenen Weise nur im Bereich der Continentalsockel abgespielt haben, während in den Geosynklinalregionen, d. h. im Bereich der grossen tertiären Faltungen, in den Alpen, Karpathen, im Atlas, Kaukasus und in den übrigen jugendlichen Kettengebirgen, entgegengesetzte Bewegungen stattfanden. So entspricht nach HAUG der mit dem Neocom beginnenden und sich bis ins Turon fortsetzenden Transgression in den Continentalgebieten ein gleichzeitiger allmählicher Rückzug der See in den Geosynklinen; und umgekehrt entspricht der senonen Regression der Meere im Continentalbereich eine Transgression in den Geosynklinen, die es z. B. erklärt, dass in den Alpen bald das obere Turon, bald der Emscher, bald die Belemnitellenschichten transgrediren.

Eine andere bedeutsame Erscheinung des Kreidesystems ist die auffällige Verschiedenheit zwischen der nördlichen und südlichen Entwickelung der Formation. Die nordische Kreide, der in Europa ganz Nordfrankreich, England, das ausseralpine Deutschland, Dänemark, das südliche Skandinavien und Russland angehören, zeichnet sich paläontologisch durch das fast gänzliche Fehlen der in der südeuropäischen Kreide zu ausserordentlicher Entwickelung gelangenden merkwürdigen Zweischaler aus den Familien der Caprotinen und Rudisten, durch den Mangel an riffbildenden Korallen, durch die Seltenheit der Ammonitengattungen *Lytoceras*, *Phylloceras* und *Haploceras*, durch das massenhafte Auftreten von Belemnitellen und Inoceramen und noch andere Merkmale aus. Die südeuropäische Ausbildung dagegen, der das ganze südliche Europa mit Einschluss der Alpen- und Karpathenländer angehört, ist ausser durch Rudisten und Caprotinen durch die Häufigkeit der oben genannten Ammonitengattungen und die sogen. Kreideceratiten (Gattung *Buchiceras*), ferner durch die eigenthümliche Gruppe der dilataten Belemniten (Gattung *Duvalia*), durch die Schneckengeschlechter *Actaeonella, Nerinea* u. a., durch die Korallengattung *Cyclolites* u. a. m. gekennzeichnet. Der Umstand, dass der Gegensatz zwischen nördlicher und südlicher Kreideentwickelung sich in gleicher Weise auch in Nordamerika wiederholt, wo die Kreide von New Jersey, Tennessee, Kansas, Dakota und Californien der nordeuropäischen Ausbildung, dagegen diejenige von Texas und Alabama, von Mexiko, Westindien und Columbia (mit Rudisten, Actaeonellen, *Buchiceras* u. s. w.) der südeuropäischen Entwickelung entspricht, hat F. RÖMER schon in den 50er Jahren bestimmt,

[1]) Les géosynclinaux et les aires continentales (Bull. Soc. Géol. France, Bd. XXVIII, 685 ff., 1901).

diese Unterschiede auf klimatische Verschiedenheiten zurückzuführen [1]).

Die Lagerungsverhältnisse der cretacischen Schichten sind, ähnlich wie die der jurassischen Ablagerungen, im Allgemeinen in ganz Nord- und Mitteleuropa sehr einfache und ungestörte. Nur in einigen beschränkten Gebieten, wie im Norden des Harzes und am Teutoburger Walde, kommen steile Schichtenstellungen, ja selbst Ueberkippungen vor. In viel grösserer Ausdehnung kehren ähnliche Störungen in Verbindung mit starken Faltungen bei den Kreideablagerungen der Alpen und anderer junger Kettengebirge wieder. Die eruptive Thätigkeit war wie in der Jura-, so auch in der Kreidezeit im Allgemeinen überaus geringfügig. In Europa scheinen während dieser Periode Eruptionen überhaupt so gut wie gar nicht stattgefunden zu haben; dagegen sind aus Indien und Chile basaltische und porphyrische Ergüsse spätcretacischen Alters bekannt.

Verbreitung und Entwickelung der Kreideformation.

Bei der Unabhängigkeit, welche die obere Kreide in ihrer Verbreitung von der unteren zeigt, scheint es zweckmässig, beide Formationsabtheilungen gesondert zu besprechen. Ebenso empfiehlt es sich, die nördliche und die südliche Entwickelung der Formation getrennt zu behandeln.

I. Untere Kreide.

Untere Kreidebildungen Mitteleuropas.

Die Verbreitung der unteren Kreide ist in Deutschland verhältnissmässig gering. Sie beschränkt sich im Wesentlichen auf das Gebiet im Norden des Harzes, im Braunschweigischen und Hannoverschen, Deister, Hilsmulde, Wesergebirge und Teutoburgerwald. In der Fortsetzung dieses letzten heben sich ältere Kreidebildungen noch in der Gegend von Bentheim (unweit der holländischen Grenze) aus dem Diluvium hervor. Weiter nach Osten zu tritt untere Kreide in Norddeutschland nur an ganz vereinzelten Punkten und in sehr beschränkter Weise zu Tage.

Im nördlichen Frankreich nimmt die Kreideformation einen grossen Theil des flachen Gebietes zwischen den älteren Gebirgskernen der Ardennen, des Centralmassivs und der Bretagne ein. Unmittelbar auf obere Juraschichten aufgelagert, fallen die Kreideschichten mit ge-

[1]) Die Kreidebildungen von Texas, 1852.

ringer Neigung gegen die Mitte des Beckens ein, um hier von Tertiär überlagert zu werden.

Nur eine Fortsetzung der nordfranzösischen stellt die englische Kreideregion dar. Sie nimmt, vielfach durch überliegendes Tertiär oder noch jüngere Bildungen bedeckt, den ganzen Raum im Osten des früher erwähnten, vom Kanal in nördlicher Richtung bis an die Ostküste der Insel reichenden Jurazuges ein, dessen jüngsten Schichten die cretacischen Sedimente unmittelbar mit flacher östlicher Neigung angelagert sind. Es liegt auf der Hand, dass innerhalb dieses grossen „anglo-gallischen“ Kreidebeckens die unteren Kreideschichten wesentlich auf dessen Aussenränder beschränkt sind. Indessen tritt in Südengland in Folge einer grösseren, über den Kanal hinüber bis in die Gegend von Boulogne reichenden Sattelerhebung auch im Inneren des Beckens eine ansehnliche Partie von unterer Kreide zu Tage, und gerade in dieser Partie ist die eigenthümliche Facies des Wealden entwickelt, die sich in grösserer Verbreitung sonst nur noch im nordwestlichen Deutschland wiederfindet. Als das älteste Glied unserer Kreide soll diese interessante Süsswasserbildung im Folgenden zuerst besprochen werden.

Wealdenbildungen.

Die Wealden- oder Wälderthonbildungen erstrecken sich in Deutschland vom Braunschweigischen bis nach Bentheim unweit der holländischen Grenze und sind zumal im Deister, Osterwald, Süntel, in den Bückeburger Bergen und im Teutoburgerwalde entwickelt[1]). Dass die fraglichen Bildungen ehemals in östlicher Richtung noch eine grössere Verbreitung besassen, beweist das Vorhandensein von Thonschollen mit Cyrenen (*C. angulata* A. Roe.), Paludinen und *Cypridea valdensis* im Diluvium Rügens[2]).

In England liegt die Hauptverbreitung des Wealden im Süden von London, in den Grafschaften Kent, Surrey und Sussex; doch ist es auch auf der Insel Wight sowie in Dorsetshire vertreten.

Dass auch auf der französischen Seite des Kanals, bei Boulogne s. m. über dem Oberjura wealdartige Ablagerungen entwickelt sind, ist bereits früher erwähnt worden. Aber auch in dem zwischen den genannten Gegenden und der holländisch-deutschen Grenze liegenden

---

[1]) Ausser der trefflichen, schon oben erwähnten Monographie von Dunker ist für die Kenntniss unseres Wealden noch als wichtig zu nennen die Schrift von Struckmann: Die Wealdenbildungen der Umgegend von Hannover, 1880. — Der englische Wealden ist zuerst durch Mantell und Fitton (1822—1824) genauer bekannt geworden.

[2]) W. Deecke, Mesoz. Formationen Pommerns (Mitth. d. naturw. Ver. Greifswald, 1894).



Gebiete fehlt es nicht an ähnlichen altcretacischen Süsswasserablagerungen. Am bemerkenswerthesten ist ihr Vorkommen bei Hautrage und St. Bernissart im belgischen Hennegau. Inmitten des flötzführenden Kohlengebirges hat man hier eine zwischen Verwerfungsspalten eingesunkene Scholle von sandig-thonigen Schichten angetroffen, die ausser zahlreichen Fischen (besonders *Lepidotus*), Land- und Süsswasserschildkröten und Pflanzen über 20 vollständige Skelete eines riesigen *Iguanodon* (*I. Bernissartensis* [57, 1]) geliefert hat[1]). Für die in neuester Zeit von belgischen Geologen vorgeschlagene Versetzung dieses „Bernissartien" aus dem Wealden in den oberen Jura sind u. E. keine triftigen Gründe vorhanden, da die Gattung *Iguanodon* bei uns wie in England ausschliesslich dem Wealden angehört.

In **England** süssen sich die marinen Portlandschichten nach oben mehr und mehr aus, so dass schon der obere Purbeck eine fast reine Süsswasserfauna einschliesst (S. 369). Der darüber folgende Wealden besteht aus Thonen, Sanden, Sandsteinen und einzelnen kalkigen Bänken und enthält ausser Pflanzen (*Pecopteris*, *Sphenopteris* etc.) besonders Ostracoden (*Cypridea valdensis* [57, 7]), Cyrenen, *Unio valdensis*, *Paludina* und andere Süsswasserconchylien, Reste von Fischen, Schildkröten, Krokodilen und Dinosauriern. Unter diesen letzten sind am häufigsten Wirbel und Zähne von *Iguanodon* (57, 2), daneben von *Megalosaurus* und *Hylaeosaurus*.

Im Allgemeinen besteht das untere Glied des englischen Wealden aus dem sogen. Hastingssandstein, während darüber dunkle Thone, der Weald clay, folgen. Die Gesammtmächtigkeit dieser Schichten beträgt über 400 m.

In **Deutschland** lagert der Wälderthon gleichförmig über dem Serpulit und Purbeckkalk und besteht ähnlich wie in England aus dunklen, bituminösen Schieferthonen und kohlenführenden Sandsteinen, deren Gesammtmächtigkeit indess hinter der des englischen Wealden zurückbleibt[2]). An den Rändern seines Verbreitungsgebietes liegt der mitunter mit Conglomeraten beginnende Wealden übergreifend auf älteren Schichten — so bei Borgloh auf Korallenoolith, bei Sehnde (südlich Hannover) auf braunem Jura; und in solchen Fällen pflegen beiderlei Bildungen durch eine mehr oder weniger ausgesprochene Denudationsdiscordanz getrennt zu sein.

Die Sandsteine sind besonders am Deister und im Bückeburgischen entwickelt, wo sie bis 50 m mächtig werden und etwa die Mitte der ganzen Schichtenfolge einnehmen (vergl. Fig. 78). Von heller Farbe und

[1]) Eine Anzahl dieser Skelete sind im Brüsseler Museum aufgestellt und bilden eine seiner Hauptzierden.

[2]) In einem Bohrloche bei Borgloh erreichten sie die ungewöhnliche Höhe von nahezu 300 m (Gagel, Jahrb. d. pr. geol. Landesanst. f. 1893, 158).

fein- und gleichkörniger Beschaffenheit liefert der „Deistersandstein" ein ausgezeichnetes, überall in grossen Brüchen gewonnenes Baumaterial. Paläontologisch ist er durch grosse dreizehige, von *Iguanodon* oder anderen Dinosauriern herrührende Fährten (die in ganz ähnlicher Weise auch im Hastingssandstein vorkommen) sowie durch Skeletreste von *Iguanodon*, Krokodilen, Schildkröten und Sauropterygiern (*Plesiosaurus*[1]) *Degenhardti* u. a.) bemerkenswerth, in technischer Beziehung durch seine werthvollen, wenn auch nicht sehr mächtigen (nie einen Meter stark werdenden) und nur örtlich vorhandenen Steinkohlenflötze, die besonders bei Obernkirchen (unweit Bückeburg) abgebaut werden.

Nach Süden zu verschwinden die Sandsteine mehr und mehr, so dass z. B. in der Hilsmulde die ganze Schichtenfolge im Wesentlichen nur aus Schieferthonen mit örtlichen Sandsteineinlagerungen und einzelnen dünnen Kalkbänkchen besteht.

Die in Begleitung der Kohle auftretenden Schieferthone schliessen

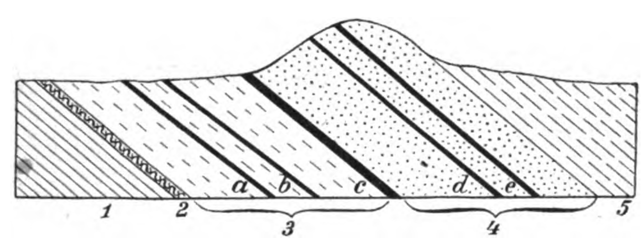


Fig. 78. Profil durch den Wealden der Gegend von Obernkirchen. *1* Münder Mergel. *2* Serpulit und Purbeckkalk. *3* Unterer Weald-Schiefer mit Kohlenflötzen (*a*, *b*, *c*). *4* Deistersandstein mit Kohlenflötzen (*d*, *e*). *5* Oberer Weald-Schiefer (ohne Kohlen).

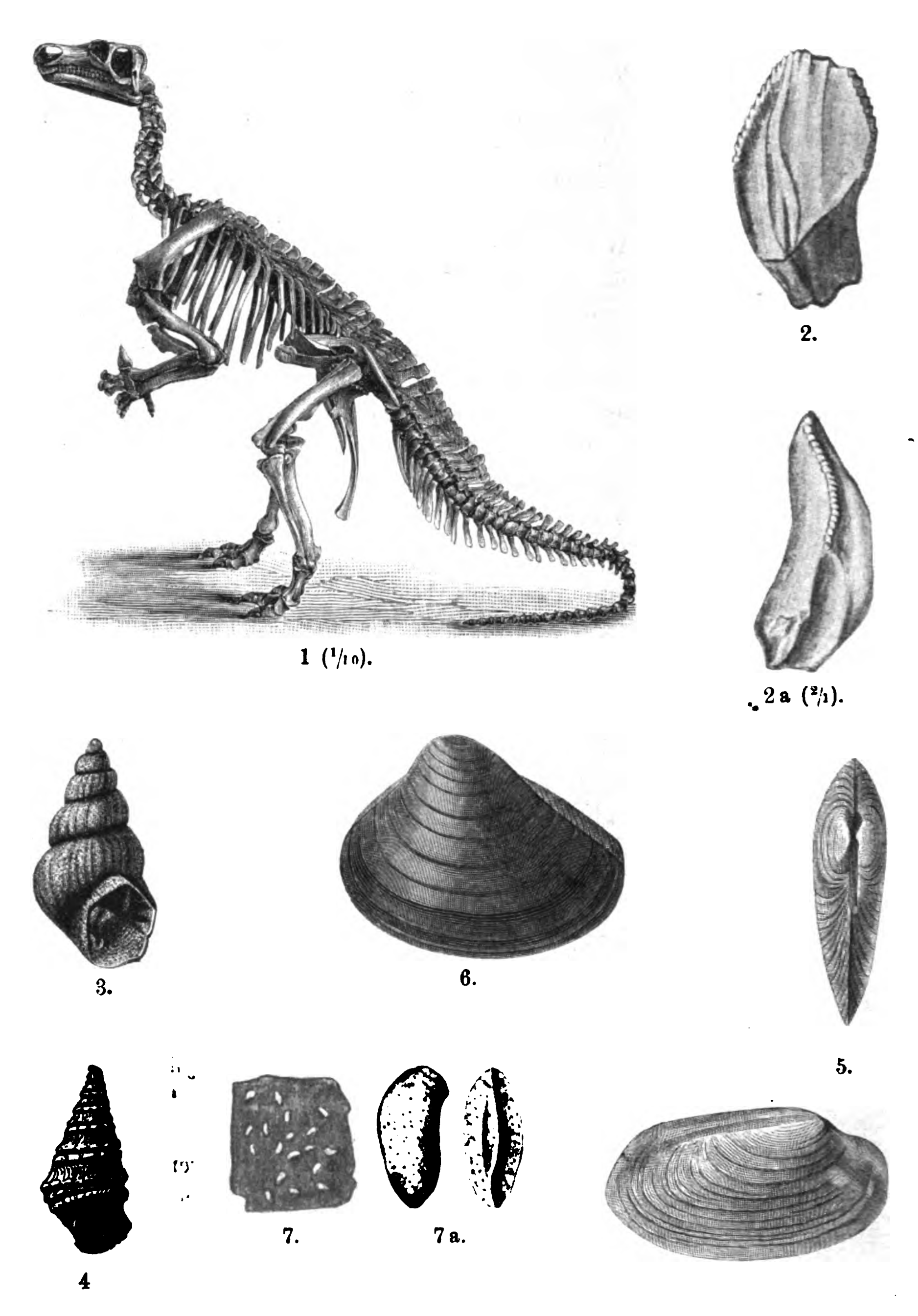
eine reiche, zuletzt von A. Schenk[2]) bearbeitete Flora ein, die besonders aus Cycadeen (*Dioonites*, *Pterophyllum* etc.), Coniferen (*Abietites*, *Sphenolepis* u. a.) und Farnen zusammengesetzt, noch einen ganz jurassischen Charakter hat. Ausser dieser Flora enthalten die kohlenführenden Schichten noch grosse Ganoidfische (*Lepidotus*) sowie Reste von *Iguanodon* und *Megalosaurus*.

Die Wealdenthone endlich sind schichtenweise mit Schälchen von Ostracoden (*Cypridea valdensis* [57, 7] u. a.) erfüllt, während die ihnen eingelagerten dünnen Kalkplatten oft mit zahllosen Schalen von *Cyrena* (57, 6), *Cyclas*, *Paludina* und besonders von *Melania* (*Pleurocera*) *strombiformis* (57, 4) bedeckt sind. Uebrigens finden sich auch im Deistersandstein nicht selten Bänke mit Cyrenen.

---

[1]) Koken, Paläont. Abh. III, 1887 u. VII, 1896.

[2]) Die fossile Flora der nordwestdeutschen Wealdenformation. Palaeontographica, 1871.



Taf. 57. Versteinerungen der Wealdenbildungen. 1. *Iguanodon bernissartensis* Boulgr., restaurirt nach Dollo. 2, 2 a. Unterkieferzahn von *Iguan. Mantelli* Owen von innen und von hinten. 3. *Paludina fluviorum* Sow. 4. *Melania strombiformis* Schloth. 5. *Unio planus* A. Röm. 6. *Cyrena Bronni* Dunk. 7. Schieferstückchen mit *Cypridea valdensis* Sow. 7 a. Dieselbe vergrössert von vorn und von der Seite.

Man hat lange darüber gestritten, ob der Wealden mit mehr Recht zum Jura oder zur Kreide zu rechnen sei. In Deutschland hat besonders STRUCKMANN die erste, BEYRICH dagegen die letzte Ansicht vertreten. Der Streit kann jetzt als zu Gunsten der Zugehörigkeit des Wälderthones zur Kreide entschieden gelten. Ausschlaggebend ist dafür der allmähliche Uebergang des Wealden in die überliegende marine Kreide vom Alter des Valanginien, woraus sich ohne weiteres die Aequivalenz des Wealden mit dem Basalhorizont der Kreide, dem Berriasien ergiebt.

In unserer geologischen Literatur finden sich mehrfache Angaben über eine Wechsellagerung von Wealden und mariner Kreide (bei Gronau, Borgloh, Mailegge u. s. w.). In Wahrheit scheint es sich in solchen Fällen mehr um einen ganz allmählichen, sich nach oben vollziehenden Uebergang des Wealden in marine Schichten zu handeln, wie er durch neue, noch unveröffentlichte, sorgfältige Beobachtungen bei Müsingen unweit Bückeburg festgestellt worden ist[1]). Die typischen, cyrenenreichen Wealdschiefer nehmen hier zuerst vereinzelte, dann zahlreiche marine Formen auf. In einem bestimmten Niveau finden sich in derselben Schicht, ja in demselben Handstück die bezeichnenden *Oxynoticeras*-Arten des Valanginien, *Cucullaea texta* und *Panopaea* zusammen mit massenhaften Cyprideen und Cyrenen. Etwas weiter aufwärts werden die Marinformen (*Pecten crassitesta, Thracia Phillipsi, Pholadomya* u. s. w.) immer häufiger; aber auch hier treten von Zeit zu Zeit noch vereinzelte mit Cyrenen erfüllte Zwischenschichten auf.

Ganz ähnliche Beobachtungen sind auch in England gemacht worden.

Marine Bildungen.

Der von THURMANN im Jahre 1832 vorgeschlagene und später von D'ORBIGNY in die Literatur eingeführte Name **Neocom** wird jetzt meist nur noch als Gruppenname gebraucht; theils für die Gesammtheit der unter dem Albien oder Gault liegenden Glieder, theils (DE LAPPARENT) nur für das Valanginien und Hauterivien, während das Barrémien und Aptien als selbständige Abtheilungen der unteren Kreide betrachtet werden. Richtiger erscheint es, Berriasien, Valanginien, Hauterivien, Barrémien, Aptien und Gault als wesentlich gleichwerthige stratigraphische Abtheilungen zu behandeln.

Im classischen Gebiete des Neocom, im Neuchâteler Jura[2]), ist das tiefste Unterneocom, das in der alpin-mediterranen Region sehr verbreitete Berriasien oder Infravalanginien (Stufe des *Hoplites*

[1]) Götting. Mus. Vergl. die zu erwartende Dissertat. von HARBORT.

[2]) BAUMBERGER u. MOULIN, Bull. Soc. sc. nat. Neuchâtel, 1899.



Boissieri und *occitanicus*) nicht in typischer Weise entwickelt; es wird dort vielmehr durch dickbankige Kalke mit Nerineen und *Natica leviathan* vertreten, die erst in den allerletzten Jahren einige bezeichnende Berrias-Ammoniten (wie *Hopl. Euthymi* Pict.) geliefert haben und in der Regel als tiefstes Valanginien classificirt werden. Erst darüber folgt das eigentliche Valanginien (so benannt nach dem Orte Valangin im Juragebirge) mit *Belemnites pistilliformis* und *dilatatus, Oxynoticeras Gevrili* d'Orb., *Avicula* (*Oxytoma*) *macroptera* etc.

Die dann folgenden bläulichen Mergel von Hauterive schliessen einen grossen Reichthum von Fossilien ein, unter denen *Hoplites radiatus* und *leopoldinus, Olcostephanus Astierianus, Belemn. pistilliformis* und *dilatatus, Exogyra Couloni, Janira atava, Perna Mulleti, Toxaster complanatus* u. a. besonders bezeichnend sind.

Das Barrêmien (nach Barrême in der Provence) besteht im südlichen Jura aus bis 40 m mächtig werdenden Kalken, die *Requienia ammonia* (die Charakterform des südfranzösischen Urgon) und *Radiolites neocomiensis*, aber keine Ammoniten führen, während dieselbe Schichtenfolge anderwärts zahlreiche Ammoneen enthält, unter denen *Macroscaphites Yvani* und *Crioceras Emerici* besonders charakteristisch sind.

Das Aptien (nach Apt in der Provence) wird im Juragebirge durch nur 12 m mächtige Kalkmergel mit *Placuna plicata* und *placunea, Exogyra aquila* und spärliche Ammoniten (*Acanthoc. Cornuelianum*) vertreten, während dieselbe Etage anderweitig in eine untere Stufe, das sogen. Bedoulien mit *Hoplites Deshayesi* und *Ancyloceras Matheroni*, und eine obere, das Gargasien mit *Hoplites furcatus* etc. zerfällt. Dieses letzte ist besonders bei Gargas (Vaucluse) gut entwickelt.

In **Frankreich** finden wir unter dem Horizonte des Albien überall eine ganz ähnliche Schichtenfolge wieder.

Das Berriasien ist in typischer Weise nur im Süden, im Dauphiné und der Provence entwickelt und zeigt entsprechend seiner Lage das Gepräge der südeuropäischen Kreideregion. Das Valanginien ist ebenfalls wesentlich auf den Süden des Landes beschränkt, während das Hauterivien auch in Burgund, in der Champagne und im Loiregebiet (aber nicht im Norden des Pariser Beckens) vorhanden ist. Das Barrêmien ist sowohl im Süden als auch im Osten und Norden (Haute-Marne, Ardennen, Boulonnais) entwickelt, und dasselbe gilt vom Aptien.

Im **nordwestlichen Deutschland** sind die älteren marinen Kreidebildungen bisher theils als Neocom, theils mit dem Localausdruck Hils bezeichnet worden. Mit der Gliederung unseres Hils hat sich besonders v. Strombeck beschäftigt, der im Braunschweigischen zuunterst das Hilsconglomerat und darüber den Hilsthon, und innerhalb beider wieder-

um eine Reihe durch gewisse Leitfossilien ausgezeichneter Stufen unterschied[1]). Das Hilsconglomerat ist ein an vielen Stellen deutlich transgredirendes, Rollstücke von Juragesteinen und -versteinerungen einschliessendes, mürbes, mitunter sehr muschelreiches Gestein, während der Hilsthon aus grauen Ziegelthonen besteht. Ausserdem ist aber der Name Hils noch auf andere Gesteine angewandt worden; so auf gewisse besonders im Teutoburgerwalde verbreitete, indess auch in der Gegend von Halberstadt und Quedlinburg entwickelte Sandsteine (Hilssandstein) und auf Ablagerungen von oolithischem Rotheisenstein, die namentlich bei Salzgitter auftreten und dort eine reiche Ammoneenfauna einschliessen[2]). Nachdem sich aber herausgestellt, dass die genannten Bildungen keine stratigraphischen Niveaus, sondern nur Facies sehr verschiedener Horizonte darstellen, ist es A. v. KOENEN durch Jahre lang fortgesetzte Beobachtungen und Petrefactenaufsammlungen in den zahlreichen Thongruben des Hilsgebietes, insbesondere der Gegend von Hildesheim gelungen, eine ganz auf Ammonitiden gegründete Zonengliederung der zwischen Gault und Wealden gelegenen Schichtenfolge der norddeutschen Kreide durchzuführen. Es hat sich dabei ergeben, dass die Eintheilung in Valanginien, Hauterivien, Barrémien und Aptien sich auch bei uns durchführen lässt, und dass die Faunen der einzelnen Stufen und Zonen vielfache Beziehungen zu denen der schweizerisch-französischen und englischen, ja sogar der russischen Unterkreide besitzen. Die KOENEN-sche Gliederung[3]) lautet wie folgt:

Gault (Albien)

Aptien	oberes	Zone des *Hoplites furcatus* Sow.
	unteres (= Bedoulien, TOUCAS)	„ „ *Hopl. Deshayesi* LEYM. (62, 1)
		„ „ *Hopl. Weissi* NEUM. u. UHL. u. *Acanthoc. Albrechti Austriae* HOH.

[1]) Neues Jahrb. f. Min. 1857, S. 639 u. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1861, S. 20. — Vergl. auch G. BÖHM, ebend., 1877, S. 215.

[2]) NEUMAYR u. UHLIG, Palaeontographica, 1881. — Vergl. auch WEERTH, Fauna d. Neocomsandst. d. Teutoburg. Waldes. Paläont. Abhandl. 1884. — G. MAAS, Unt. Kreide d. subhercyn. Quadersandsteingeb. Z. d. deutsch. geol. Ges. 47, 1895, 227. — A. WOLLEMANN, Bivalven u. Gastropoden d. deutsch. u. holländ. Neocoms. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1900.

[3]) Ueber die Gliederung der norddeutsch. unt. Kreide (Nachr. d. Ges. d. Wiss. Göttingen, 1901). Eine umfangreiche, in den Abhandl. d. pr. geol. Landesanst. erscheinende Arbeit über denselben Gegenstand ist in nächster Zeit zu erwarten.

Barrémien	oberes	Zone des *Ancyloceras trispinosum* v. Koen. (**61**, 4) u. *Desmoc. Hoyeri* v. K.
		„ „ *Ancyl. innexum* v. K., *Crioceras pingue* v. K. u. *Hamulina nitida* v. K.
		„ „ *Ancyl. costellatum* v. K., *Crioc. Denkmanni* G. Müll. u. *Cr. Andreae* v. K.
	unteres	„ „ *Crioc. elegans* v. K.
		„ „ *Ancyl. crassum* v. K. u. *Crioc. fissicostatum* Neum. u. Uhl. (**61**, 1)
Hauterivien	oberes	„ „ *Crioc. Strombecki* v. K. u. *Olcosteph. Phillipsi* A. Röm. (**60**, 1) (Teutoburgerwald-Sandstein z. Th.)
		„ „ *Crioc. capricornu* Röm. (**60**, 3)
	unteres	„ „ *Hoplites noricus* Röm. (**59**, 2) u. *radiatus* Brug. (**60**, 2)
Valanginien	oberes	„ „ *Olcosteph. terscissus* v. K. u. *Crioc. curvicosta* v. K. (**58**, 4)
		„ „ *Olcost. psilostomus* Uhl. u. *Saynoceras verrucosum* d'Orb. (**58**, 3)
	unteres	„ „ *Olcost. Keyserlingi* Neum. u. Uhl. (**58**, 1)
		„ „ *Oxynotic. Gevrili* d'Orb. (**58**, 2) u. *heteropleurum* Uhl.
Berriasien		Wealden

Sehr überraschend ist die hohe, sich schon jetzt auf etwa 250 Arten belaufende Zahl von Ammonitidenspecies in diesen Schichten. Ausser den genannten Leitarten sind für das untere Hauterivien noch *Olcost. Astierianus* (**59**, 3), für das Barrémien *Crioc. Emerici*, für das Aptien *Acanth. Martini* (**62**, 3) und *Oppelia nisoides* (**62**, 2) als wichtige, auch anderwärts vorkommende Species zu nennen. Ebenso von Belemniten *subquadratus* (**59**, 1) und *pistilliformis* für das Valang. und Hauter. und *brunsvicensis* (**62**, 4) für das Aptien.

Sehr häufig sind auch Zweischaler. Die grosse *Exogyra Couloni* (**58**, 6) geht durch die ganze untere Kreide durch, der ebenfalls sehr grosse *Pecten crassitesta* (**58**, 5) vom unteren Valang. bis ins Barrém. Im Valang. und Hauter. sind noch *Avicula* (*Oxytoma*) *macroptera* und *Cornueliana* sehr verbreitet, während *Thracia Phillipsi* (**60**, 4), *Thetis minor* (**59**, 5), *Pholadomya alternans*, *Panopaea neocomiensis* (**59**, 6), *Pinna robinaldina* u. a. besonders im Teutoburgerwaldsandstein häufig sind.

Von Brachiopoden sind am häufigsten, besonders in den unteren Etagen, *Rhynch. depressa* (**60**, 5), *Terebratula sella, hippopus, Credneri* u. a., *Waldheimia tamarindus* u. a., *Terebratella praelonga* etc.

Das Hauterivien ist wie anderwärts, so auch bei uns durch zahlreiche Seeigel ausgezeichnet. Am gemeinsten ist *Toxaster complanatus* (**59**, 4); von anderen Arten seien *Holaster Hardyi* und *Pyrina truncata* genannt.

Als eine bemerkenswerthe Thatsache sei endlich noch das Erscheinen einer kleinen *Duvalia* (aff. *Grasi*) im unteren Aptien, und ebenso die Anwesenheit einer Anzahl russischer Typen (*Belemn. lateralis* und *russiensis, Aucella Keyserlingi*) in den tiefsten Schichten unseres Hils erwähnt.

In **England** liegen im Gebiet der Wealdentwickelung, also im Süden des Landes, über dem Weald zunächst die Punfield beds — dann die dem Barrémien entsprechenden Atherfield beds (mit *Ostrea Leymeri, Exogyra Couloni, Terebr. sella* etc). Darüber folgen die schon dem unteren Grünsand angehörigen Hythe beds mit *Acanth. Martini* und *Deshayesi,* d. h. Aequivalente des Aptien als Basis der Folkestone-Schichten (Gault).

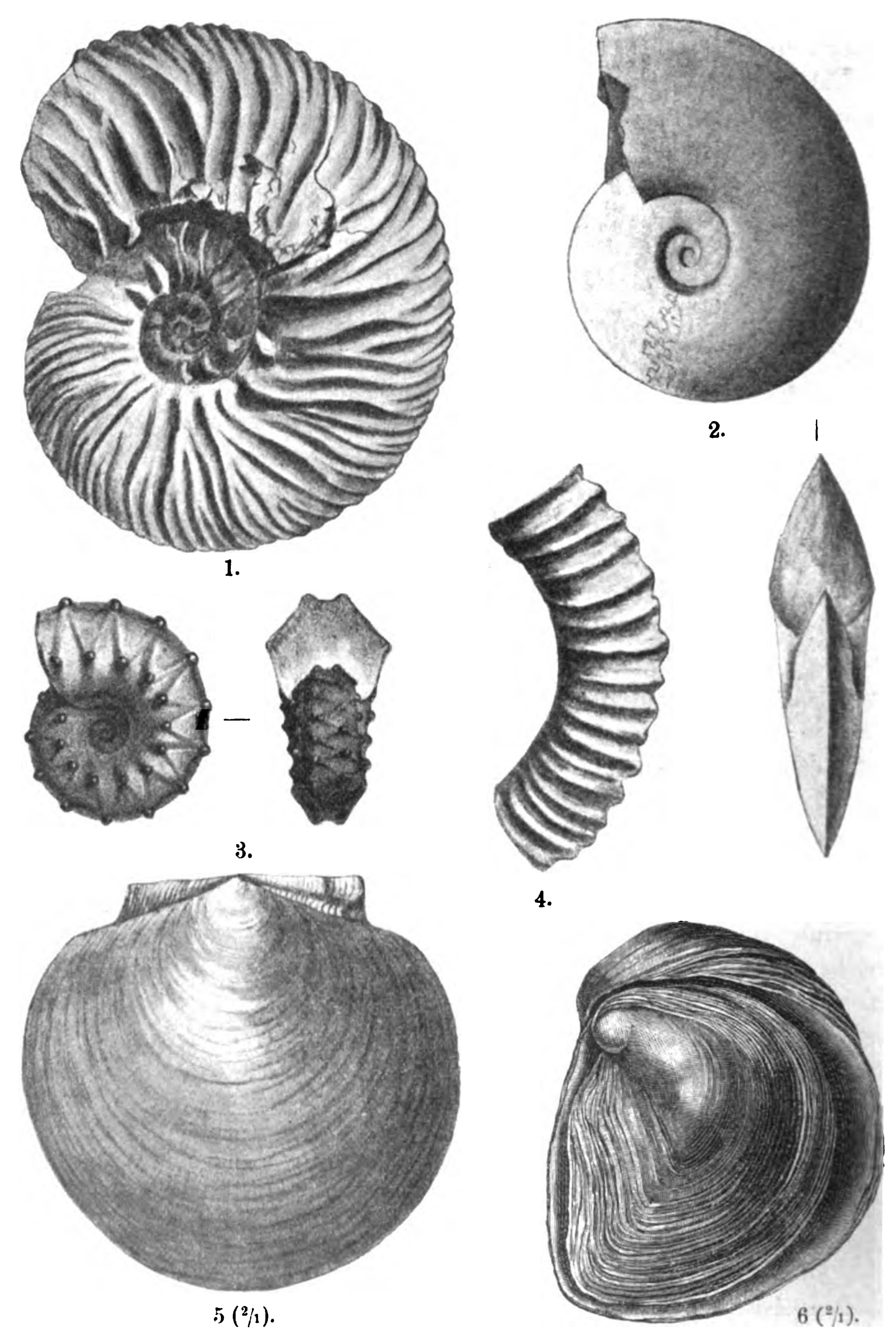
Anders im Norden des Landes, in Lincolnshire und Yorkshire, wo der Weald fehlt und über den früher geschilderten marinen obersten Juraschichten unmittelbar der sogen. Speeton clay folgt, d. h. eine ebenfalls marine, die ganze untere Kreide einschliesslich des Aptien vertretende Schichtenreihe. Nach Pawlow [1]) beginnt hier die Kreide mit der Zone mit *Amm. stenomphalus*, *Belemn. lateralis*, *Aucella volgensis* und *Keyserlingi* etc., worüber die Zone mit *Amm. Keyserlingi* und *gravesiformis*, *Belemn. lateralis* etc., also unzweifelhaftes Valanginien folgt. Eine weitere Zone giebt sich durch *Amm. noricus* = *amblygonius* u. a. als Aequivalent der Hauterive-Stufe, eine noch höhere mit *Amm. speetonensis, Decheni*, *progrediens* u. s. w. als ein solches der Barrême-Schichten zu erkennen, während endlich die Zone des *Amm. Deshayesi* und *Belemn. brunsvicensis* der Apt-Stufe angehört. Auch hier fallen verschiedene mit der unteren Kreide Russlands gemeinsame Arten auf.

Russland. Es ist von grossem Interesse, dass neuere Arbeiten der russischen Geologen eine überraschende Aehnlichkeit der Unterkreide Central- und Nordrusslands mit der Deutschlands, Englands und Frankreichs nachgewiesen haben. Die französische Eintheilung in Berriasien, Valanginien, Hauterivien, Barrémien, Aptien und Albien ist auch auf jene entlegenen Gebiete anwendbar, und eine ganze Reihe unserer bezeichnendsten altcretacischen Ammonitenarten kehren auch dort wieder. Nach einer gütigen Mittheilung von Bogoslowsky gliedert sich die Unterkreide der fraglichen Gegenden folgendermaassen:

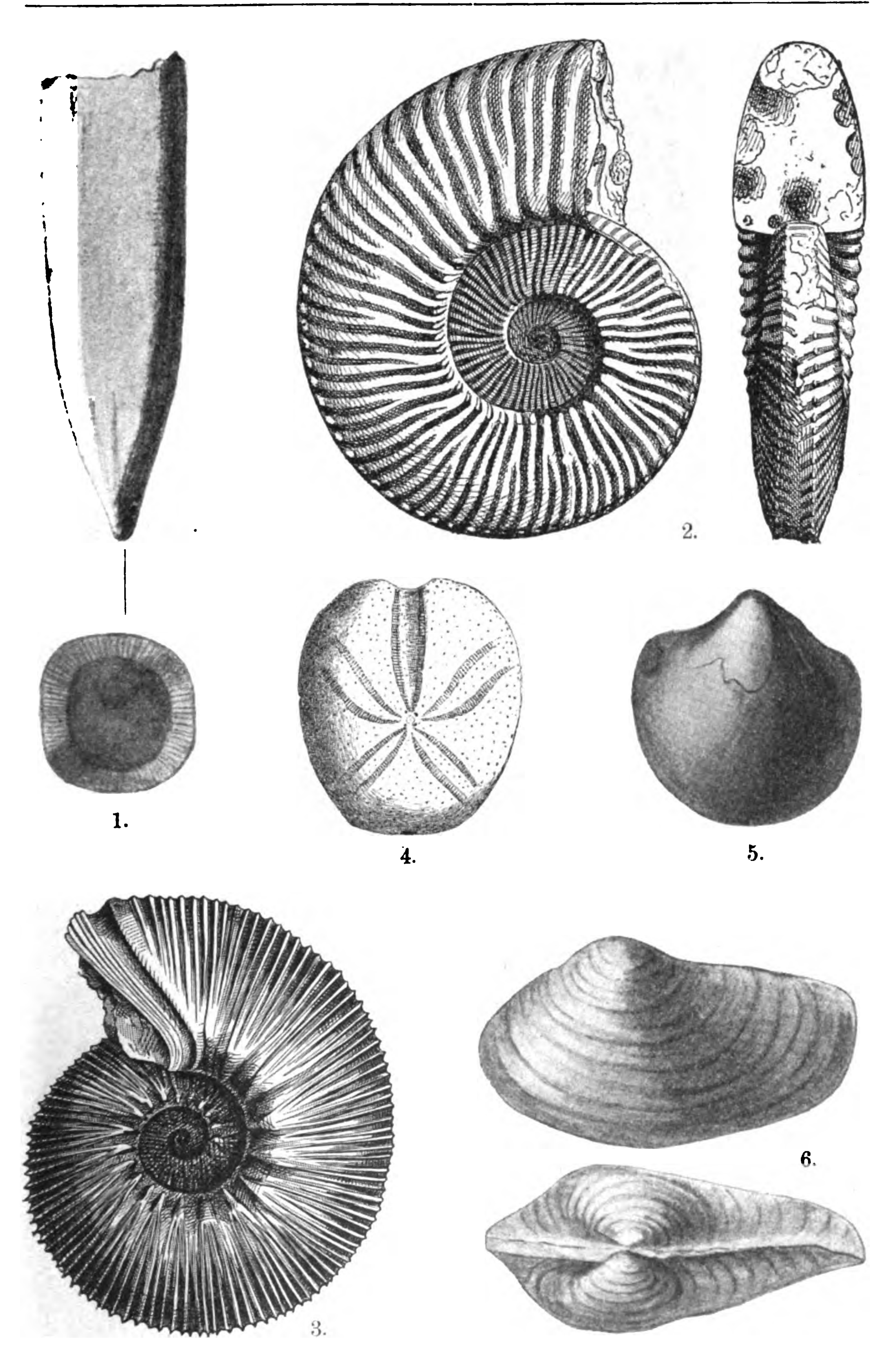
Albien. Sande mit *Hopl. dentatus* (= *interruptus*).
Aptien. Thone und Sande mit *Hopl. Deshayesi.*
Barrémien und ober. Hauterivien } Thone und Sandsteine mit *Olcost. versicolor, discofalcatus, Decheni, umbonatus.*
Unt. Hauterivien (Zone d. *Hopl. noricus*). Fehlt (?).

[1]) Pawlow et Lamplugh, Argiles de Speeton, Bull. natur. Moscou 1891. — Pawlow, On the classif. strata betw. Kimeridgian and Aptian. Qu. J. Geol. Soc. Lond. LII, 542, 1896.

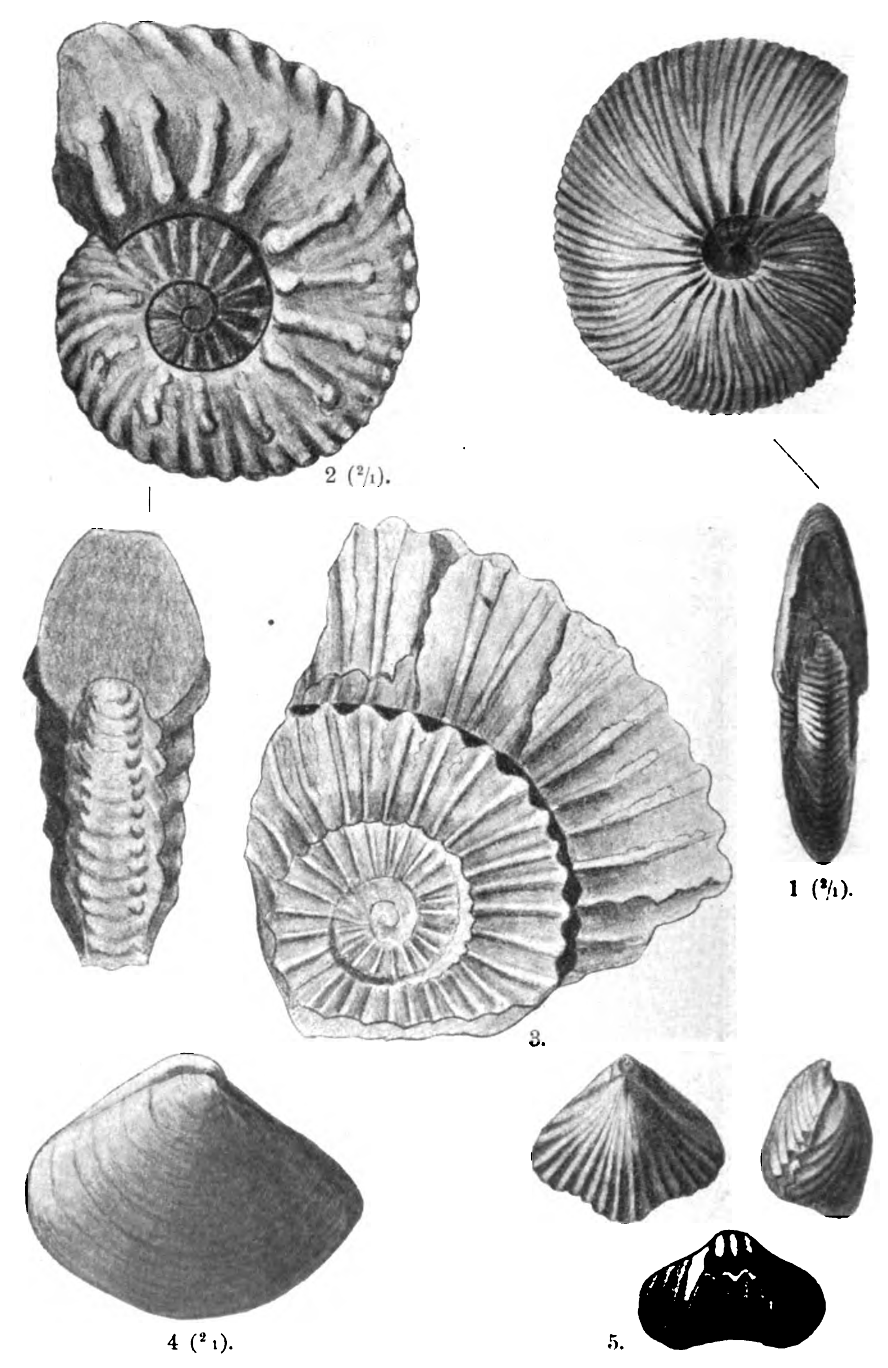




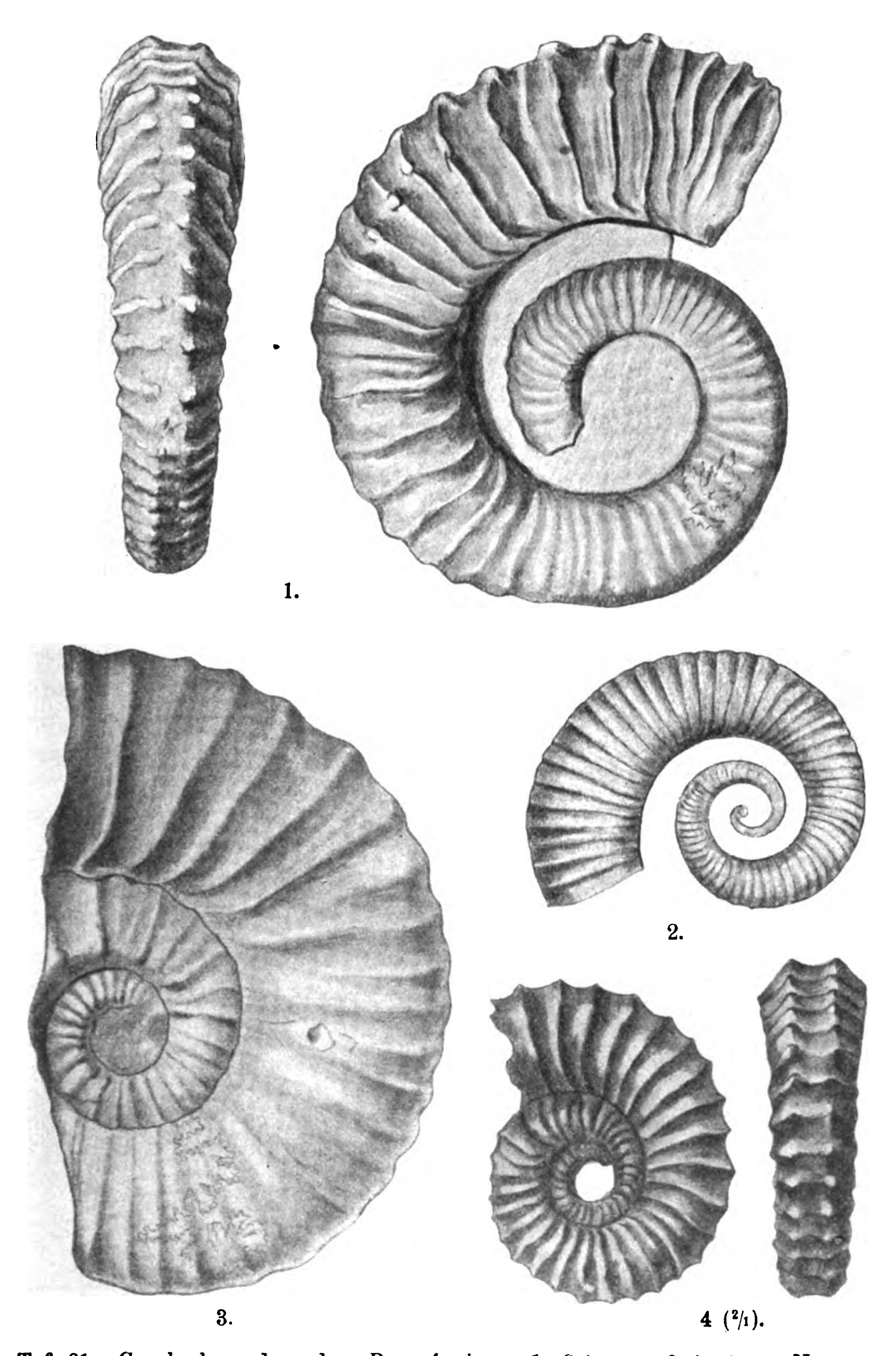
Taf. 58. Versteinerungen des Valanginien. 1. *Olcostephanus Keyserlingi* Neum. et Uhl. 2. *Oxynoticeras Gevrili* d'Orb. 3. *Saynoceras verrucosum* d'Orb. 4. *Crioceras curvicosta* v. Koenen. 5. *Pecten crassitesta* A. Röm. 6. *Exogyra Couloni* d'Orb.



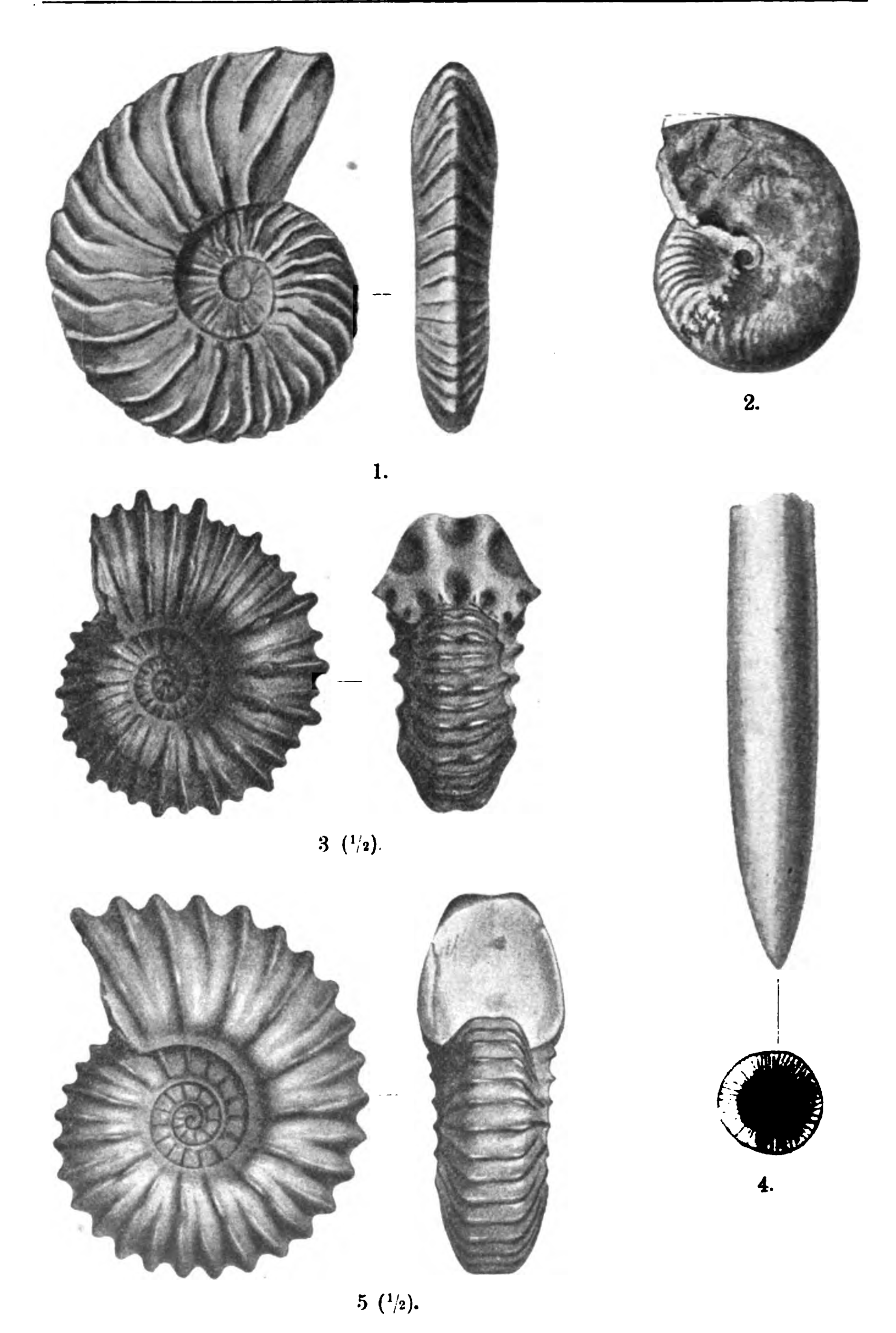
Taf. 59. Versteinerungen des Hauterivien. 1. *Belemnites subquadratus* A. Röm. 2. *Hoplites noricus* Schloth. 3. *Olcostephanus astierianus* d'Orb. 4. *Toxaster complanatus* Agass. 5. *Thetis minor* Sow. 6. *Panopaea neocomiensis* d'Orb.



Taf. 60. Versteinerungen des Hauterivien. 1. *Olcostephanus Phillipsi* A. Röm. 2. *Hoplites radiatus* Brug. 3. *Crioceras capricornu* A. Röm. 4. *Thracia Phillipsi* Ders. 5. *Rhynchonella depressa* d'Orb = *multiformis* de Lor.



Taf. 61. Cephalopoden des Barrémien. 1. *Crioceras fissicostatum* NEUM. u. UHL. 2. *Crioc. incumbens* v. KOEN. 3. *Cr. Denckmanni* G. MÜLL. 4. *Cr. trispinosum* v. KOEN.



Taf. 62. Versteinerungen des Aptien und Albien (5). 1. *Hoplites Deshayesi* Leym. 2. *Oppelia nisoides* Sar. 3. *Acanthoceras Martini* d'Orb. 4. *Belemnites brunsvicensis* v. Stromb. 5. *Acanthoceras Milletianum* d'Orb.

Ob. u. mittler. Valanginien } Sande und Thone mit *Olcost. hoplitoides, Keyserlingi, polyptychus*, cf. *bidichotomus, Hopl.* cf. *Arnoldi, Aucella crassicollis.*

Unt. Valanginien. Sandsteine mit *Olcost. stenomphalus, Oxynotic. Marcoui* und *Gevrili, Aucella crassicollis.*

Berriasien. Sogen. Rjäsan-Horizont[1]). Sandstein und Sande mit *Hopl. rjasanensis* u. *hospes, Olcost. spaskensis, Aucella volgensis.*

Liegendes: Oberjurassische Wolga-Schichten.

Der Rjäsan-Horizont ist bisher nur in Centralrussland nachgewiesen, während das Untervalanginien wahrscheinlich, die höheren Stufen erwiesenermaassen bis ins Petschoragebiet verbreitet sind.

Gault oder Albien. Das Auftreten dieses wichtigen obersten Gliedes der Unterkreide fällt im mittleren Europa allenthalben mit einer mehr oder weniger ausgesprochenen Transgression zusammen, infolge deren z. B. der Gault im Schweizer Juragebirge taschenförmige Vertiefungen in den jurassischen Schichten ausfüllt. Die hierher gehörigen Ablagerungen sind theils von sandiger, besonders aber von thoniger Beschaffenheit und schliessen, ihrer in der Regel pelagischen Natur entsprechend, oft eine Fülle von Ammonitiden ein, während sonst allein Gastropoden und Conchiferen reichlicher vertreten zu sein pflegen. In noch höherem Maasse als die älteren pelagischen Faunen der Unterkreide ist die Gaultfauna durch ausserordentlich weite Verbreitung und wunderbare Uebereinstimmung in den entlegensten Gegenden ausgezeichnet.

Der Name Gault wurde zuerst von W. Smith für dunkle Thone der Gegend von Cambridge verwandt. Erst später wurde er auf die zähen blauen ammonitenreichen Thone von Folkestone unweit Dover übertragen, die durch ihren Reichthum an herrlich erhaltenen, mit glänzender Perlmutterschale versehenen Ammoniten so berühmt sind und jetzt als Typus des Gault angesehen werden. Ausser diesen etwa 30 m mächtigen, im oberen Theile etwas mergelig werdenden Thonen muss mit derselben Schichtenfolge auch der oberste Theil der unterliegenden sandigen Folkestone beds mit *Acanthoc. mammillare* vereinigt werden.

Man kann im Gault vom Folkstone unterscheiden:

Zone mit *Amm. (Schlönbachia) inflatus (= rostratus), Inoceramus subsulcatus* etc.
" " *Amm. (Desmoc.) Beudanti.*
" " *Amm. (Hoplites) lautus, auritus, interruptus* etc.
" " *Amm. (Acanthoc.) mammillaris* (**63**, 1).

Von anderen häufigeren Arten könnten noch genannt werden: *Schlönbachia varicosa, Hoplites splendens* und *tuberculatus* (**63**, 2), *Hamites*

[1]) Bogoslowsky, D. Rjäsan-Horizont. Mater. z. Geol. Russlands, Bd. 18, 1896. — Derselbe, Unterneocom u. Rjäsan-Hor. d. Gouv. Simbirsk. Verh. d. min. Ges. St. Petersb. 1899—1900.



rotundus (**63**, 4), *Belemn. minimus* (**63**, 7) u. a., *Nautilus inaequalis, Natica gaultina, Rostellaria carinata, Inocer. concentricus* und *sulcatus* (**63**, 6), verschiedene Krebse u. a. m.

In anderen Gegenden Englands wird die Schichtenfolge an 100 m mächtig.

Frankreich, Belgien. Auch bei Boulogne s. m. ist die Entwickelung ähnlich: Zuoberst liegen dunkle Thone, darunter Grünsand mit *Amm. interruptus*, darunter als Vertreter der Folkestone beds Grünsand und Sandsteine mit *Amm. mammillaris*.

Im **Hennegau** erlangen glaukonitische und kalkige Sande mit *Schl. inflata*, die „meule de Bracquegnies" mit einer reichen Fauna von Zweischalern, Schnecken u. s. w. eine Mächtigkeit von 180 m.

Auch am Südwestrande der Ardennen und im Maasgebiet giebt sich eine der Folkestoner ganz ähnliche Gliederung in eine obere Zone mit *Schl. inflata*, eine mittlere mit *Hopl. auritus, lautus, tuberculatus* und *interruptus*, und eine untere mit *Acanth. mammillare* zu erkennen. Ganz übereinstimmend ist das Albien auch noch weiter südlich, in der Champagne, Burgund u. s. w., ausgebildet In der untersten Zone tritt wie in Südfrankreich *Acanth. Milletianum* (**62**, 5) als wichtiges Leitfossil hervor.

In **Deutschland** sind Grünsand und Thone des Gault mit *Belemn. minimus* bei Greifswald und Berlin (Pankow)[1]) erbohrt worden, und auch von Helgoland sind Thone mit derselben Belemnitenart und *Schlönb. inflata* bekannt. Die Hautverbreitung des deutschen Gaults aber liegt zwischen Elbe und Ems, im Norden des Harzes, im Braunschweigischen, Hannover'schen und von da bis an die holländische Grenze. Die genauere Kenntniss der Schichtenfolge beruht im Wesentlichen auf den Arbeiten v. Strombeck's[2]), der allerdings den Namen Gault in weiterem Sinne als sonst üblich gebrauchte, da er ihm ausser dem Albien als unterste Stufe auch das Aptien einverleibte. Für das Gebiet im Norden des Westharzes und des Braunschweigischen unterschied Strombeck:

Obere Abtheilung.

2. Flammenmergel. Ein bis 150 m mächtiger, etwas kieseliger, von dunklen Flecken und Flammen durchzogener Kalkmergel, mit *Schlönb. inflata* und *Aucella gryphaeoides* (**68**, 5) als Hauptleitfossilien. Ausserdem *Desmoc. Mayorianum, Hopl. lautus, auritus* u. a., *Turrilites*-Arten u. s. w.
1. Minimusthon mit *Belemn. minimus* (**68**, 7), *Hopl. lautus, splendens* u. a., *Hamites rotundus* (**68**, 4), *Inocer. concentricus* u. s. w.

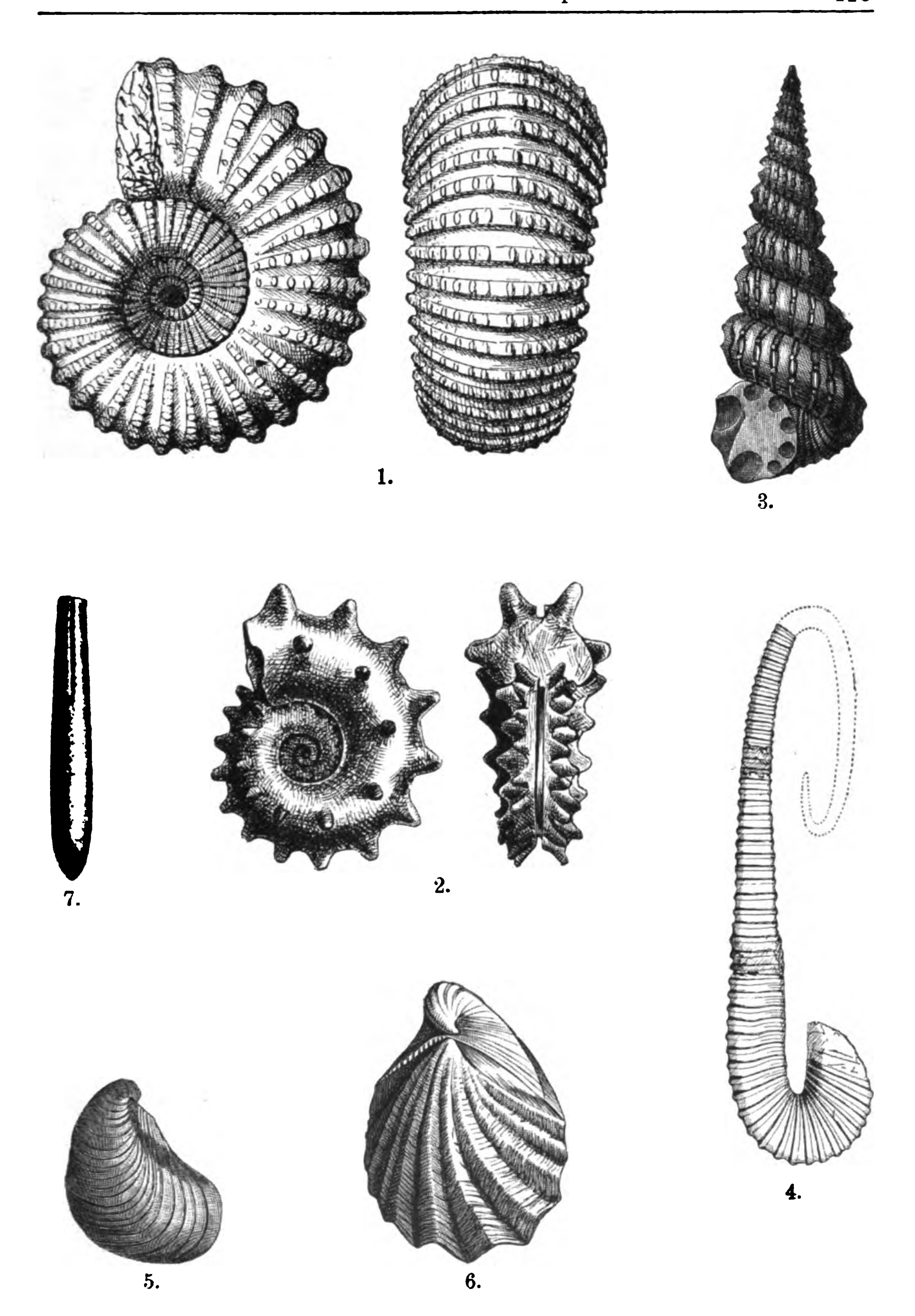
Untere Abtheilung.

2. Thone mit *Hopl. tardefurcatus*.
1. Thone mit *Acanth. Milletianum* (**62**, 5).

[1]) Gagel, Jahrb. d. pr. geol. Landesanst. f. 1900.

[2]) Neues Jahrb. f. Min. 1857, S. 641. — Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. 1861, S. 20.





Taf. 63. Versteinerungen des Gault. 1. *Acanthoceras mammillare* SCHL. 2. *Hoplites tuberculatus* SOW. 3. *Turrilites catenatus* D'ORB. 4. *Hamites rotundus* SOW. 5. *Avicula (Aucella) gryphaeoides* SOW. 6. *Inoceramus sulcatus* PARK. 7. *Belemnites minimus* v. STROMB.

Dass ausser dieser thonigen Facies des Gault auch eine sandige vorhanden ist, dass insbesondere gewisse früher als Hilssandstein classificirte Sandsteine der Gegend von Langelsheim und der sogen. Hilsmulde *Acanth. Milletianum* führen und sich dadurch als dem unteren Gault angehörig erweisen, hatte schon Strombeck nachgewiesen. Später hat sich ein gleiches Alter auch für einen Theil der Quadersandsteine der Halberstädter Gegend ergeben, deren liegendste Schichten grosse Ancyloceren (*variabile, gigas, Ewaldi*) des Aptien enthalten [1]).

Untere Kreidebildungen Südeuropas.

Wie schon früher bemerkt, gehören hierher die altcretacischen Ablagerungen der Alpen und Karpathen, Südfrankreichs, Italiens, Spaniens und des ganzen übrigen Mittelmeerbeckens. Besonders auszeichnend sind für dieses ganze Gebiet die eigenthümlichen Requienien (**64**, 2) mit ihrer widderhornähnlich gedrehten grossen und deckelförmigen kleinen Klappe sowie die hier zum ersten Male auftretenden Rudisten (Sphäruliten); in zweiter Linie massenhaft erscheinende grosse Ammonitiden mit freien Windungen (*Crioceras* [**64**, 3], *Ancyloceras, Macroscaphites* [**64**, 4], *Hamites* [**64**, 5] etc.), zahlreiche Arten von *Phylloceras* und *Lytoceras,* die eigenthümlichen, jetzt als Duvalien bezeichneten, abgeplatteten Belemniten (**64**, 7), die letzten durchlochten Terebrateln (Gattung *Pygope*) u. a. m.

Das tiefste Glied der südeuropäischen Kreide stellen die schon früher erwähnten Berrias-Schichten (Berriasien oder Infravalanginien) dar. Es sind kalkig-mergelige, unmittelbar über dem Obertithon folgende und sich ganz allmählich aus diesem entwickelnde Ablagerungen, die auch in faunistischer Beziehung ein Uebergangsglied von der Jura- in die Kreideformation darstellen.

Diese Schichtengruppe ist in typischer Weise besonders im Dauphiné [2]), in der Provence und Savoyen entwickelt, ist aber auch in Nord- und Südtirol (Kufstein und Roverè di Velo), in Portugal, Andalusien, auf den Balearen, in Algerien, der Krim u. a. vertreten. Als Hauptleitform gilt *Hoplites Boissieri*; andere bezeichnende Formen sind *H. occi-*

---

[1]) Vergl. G. Maas, Z. d. deutsch. geol. Ges. 47, 1895, S. 227.

[2]) Von Schriften über die Geologie der südeuropäischen und insbesondere der südfranzösischen unteren Kreide sind besonders diejenigen von Coquand, Hébert, Torcapel, Carez, Toucas u. A, die fast alle im Bulletin d. l. soc. géol. de France erschienen sind, wichtig; von neueren Arbeiten seien genannt: Kilian, Descr. géol. de la Montagne de Lure, Paris 1888. — Derselbe, Bull. Soc. géol. de France, 23, p. 642, 1895. — Roman, Bas-Languedoc, Paris 1897. — Paquier, Rech. géol. dans le Diois etc., Grenoble 1900. — Für die paläontologische Kenntniss derselben Ablagerungen sind nächst den älteren Arbeiten d'Orbigny's (Paléont. française) hauptsächlich wichtig diejenigen von Coquand, de Loriol und Pictet.

tanicus, Lytoc. Honorati, Phylloc. semisulcatum = ptychoicum, Duvalia lata, Pygope diphyoides und *euganensis* u. s. w.

Das Valanginien gliedert sich in Südfrankreich in eine untere Zone mit *Duvalia Emerici*, *lata* u. a., *Phylloc. semisulcatum*, *Hoplites pexiptychus*, *Oxynotic. Gevrili* (**58**, 2) und *heteropleurum* etc. und eine obere mit *Hopl. noricus* (**59**, 2) und *regalis*, *Saynoc. verrucosum* (**58**, 3) etc. Diese Stufe ist auch im Jura entwickelt und greift von da weit ins alpine Gebiet über. So findet sie sich nicht nur an vielen Punkten der Westalpen, sondern auch in den Centralalpen, in Vorarlberg, in Südtirol (bei Corvara), und ausserhalb der Alpen in der Tatra und den Karpathen, in Süditalien u. a.

In mehr oder minder inniger Verbindung mit dem Valanginien steht in vielen Gegenden das Hauterivien. *Crioceras Emerici* und *Duvalia dilatata* gehören hier neben *Olcost. Astierianus* (**59**, 3), *Hoplites radiatus* (**60**, 2) und *Leopoldinus*, *Belemnites pistilliformis, Pleurotomaria neocomiensis, Exogyra Couloni* (**58**, 6), *Janira atava, Perna Mulleti* zu den bezeichnendsten Arten. In der Schweiz (Vierwaldstädtersee etc.) enthält diese Stufe zahlreiche Seeigel, darunter besonders *Toxaster complanatus* = *retusus* Lam. (**59**, 4) und *cordiformis*: die sogen. Spatangenkalke. In den Ostalpen (Osttirol, Salzburg) gehören hierher die Rossfelder Schichten mit *Aptychus Didayi* („neocomer Aptychenkalk“). In den Karpathen entsprechen ihnen die Teschener Schichten. Auch in den Südalpen, wie in Italien, Spanien und im Balkan sind Schichten desselben Alters bekannt. In den lombardischen und venetianischen Alpen gehört hierher ein grosser Theil des sogen. Biancone, blendend weisse bis röthliche, dichte, muschelig brechende Kalke, die unmittelbar über dem Tithon liegend, leitende Versteinerungen des Hauterivien, zum Theil aber auch solche höherer Stufen, ja sogar des Gault einschliessen.

Das Barrémien, das in den Dauphinéer Alpen bis 300 m mächtig wird, ist hier wie anderwärts besonders durch zahlreiche zum Theil sehr grosse Ammonitiden mit gelösten Windungen, insbesondere *Crioceras Emerici* (**64**, 3) und *Macroscaphites Ivani* gekennzeichnet.

Eine eigenthümliche, wesentlich hierher gehörige, aber zum Theil noch ins untere Aptien hinaufreichende Bildung ist das Urgon d'Orbigny's. In Südfrankreich sind es weisse kreidige Kalke, die *Requienia ammonia* (**64**, 2), *Toucasia carinata, Monopleura* (**64**, 1), Nerineen und oftmals massenhafte Gehäuse einer linsengrossen Foraminifere, von *Orbitolina* (*conoidea*) enthalten. Als wesentlich ungeschichtete stock- oder riffartige Massen inmitten der normalen wohlgeschichteten Sedimente auftretend, sind sie lange als koralligene Gebilde betrachtet worden, obwohl sie nach

Paquier in Wirklichkeit aus einem foraminiferen-(orbitolinen-)reichen Kalkschlamm hervorgegangen sind (Fig. 79).

Aehnliche, aber viel härtere, zur Bildung schroffer Felsen neigende mächtige Kalke mit Requienien sind unter dem Namen Caprotinen- oder Schrattenkalk in den West- und Ostalpen (namentlich im Allgäu und in Vorarlberg) und in ganz Südeuropa und Nordafrika (Algerien, Marokko u. s. w.) verbreitet.

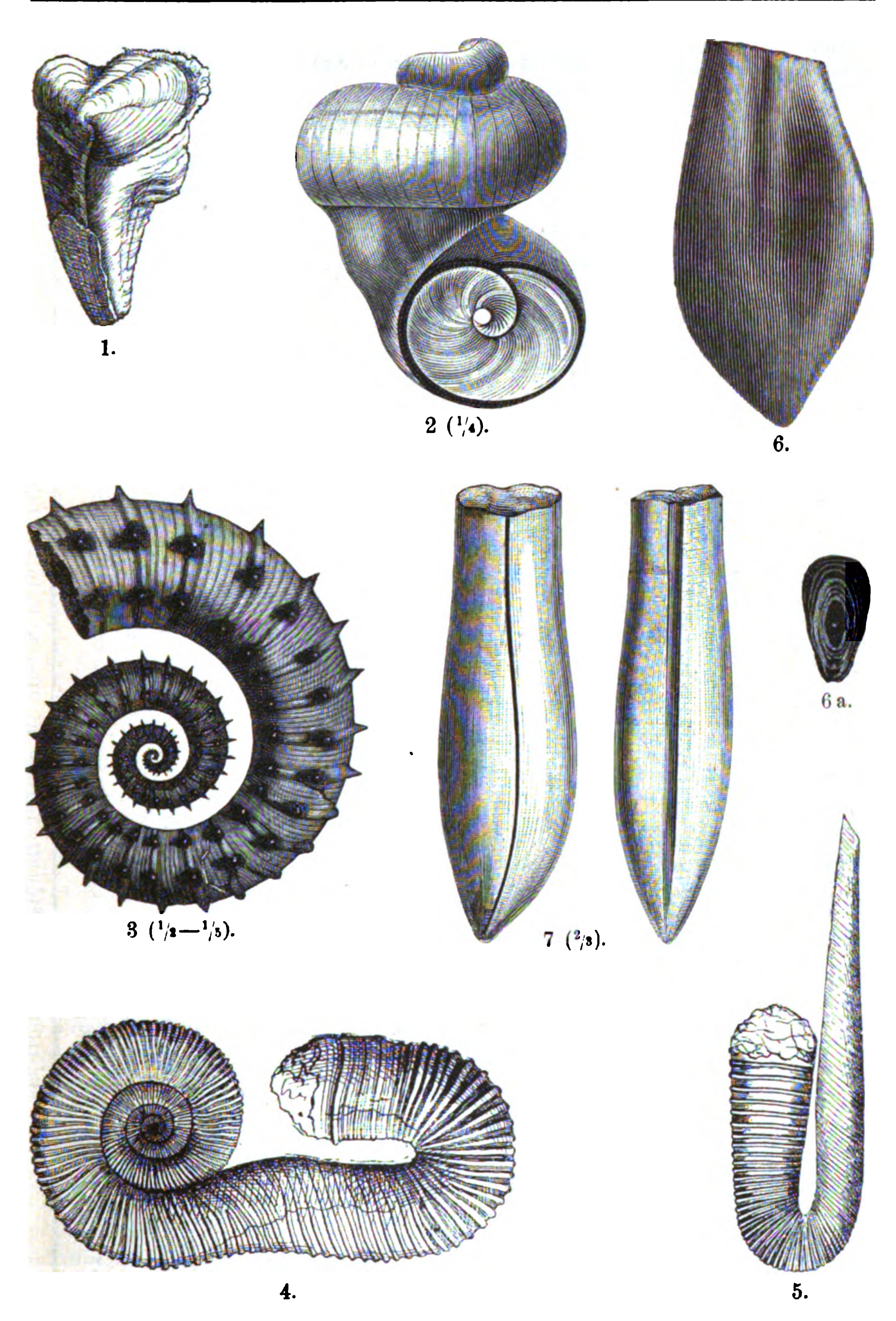
Das Aptien sondert sich in Südfrankreich in zwei Unterstufen: 1) das Bedoulien mit grossen Acanthoceren (aber ohne Heteroceren und Macroscaphiten), *Ancyloceras Matheroni*, *Hoplites Deshayesi* und *fissicostatus*, *Plicatula placunea* etc. und 2) das Gargasien, Mergel mit *Phylloc. Guettardi*, *Lytoc. Duvali*, *Desmoc. nisum*, *Hoplites furcatus*.

Fig. 79. Idealprofil zur Veranschaulichung der Beziehungen der Urgonkalke der Gegend von Grenoble zu den normalen Sedimenten. Nach Paquier. (Schräge Schraffen: Urgon; gekreuzte Schraffen: dolomitisches Gestein; Punkte: Orbitolinen-Schichten.)

vielen Arten von *Oppelia* und *Sonneratia*, *Belemn. semicanaliculatus* etc. Etwa der Mitte der ganzen Schichtenfolge gehört das weitverbreitete *Acanth. Martini* an. Auch in den Waadtländer Alpen, am Vierwaldstädtersee und in Südtirol kennt man hierher gehörige Kalke mit grossen Ancyloceren, während solche mit *Ac. Martini* und *Hopl. Deshayesi* zum Theil auch mit *Anc. Matheroni* aus den Pyrenäen, der Krim, Kaukasien, Algerien, Tunesien u. s. w. bekannt sind. Auch die Wernsdorfer Schichten der Karpathen, dunkle Mergelschiefer mit grossen Acanthoceren und vielen anderen Fossilien gehören im Wesentlichen dem Aptien an.

Der Gault tritt in Südeuropa ebenfalls in grosser Verbreitung auf und ist hier von Südfrankreich einerseits über Spanien und Portugal bis nach Algerien, andererseits bis in die Karpathen, die Balkanhalbinsel und Krim verfolgt worden. Es sind theils thonige, theils grünsandartige, vielfach transgredirend auftretende Bildungen mit den bezeichnenden Fossilien (*Acanthoc. mammillare* und *Milletianum*, *Schlönb. inflata* u. s. w.

Der Unterkreide fällt endlich noch ein Theil des sog. Flysch



Taf. 64. Versteinerungen der südeuropäischen unteren Kreide. 1. ***Monopleura trilobata*** d'Orb. 2. ***Requienia ammonia*** Gf. 3. ***Crioceras Emerici*** Lév. 4. ***Macrocaphites Ivani*** d'Orb. 5. ***Hamulina subcylindrica*** d'Orb. 6. ***Belemnites (Duvalia) dilatatus*** Blainv. 6 a. Derselbe im Querschnitt. 7. ***Bel. (Duvalia) latus*** Blainv.

Gliederung der unteren Kreide in einigen Hauptgebieten Europas.

	Nordwestdeutschland	Südengland	Nordengland	Centralrussland	Nordfrankreich, Juragebiet	Südfrankreich, Alpen
Albien od. Gault	Flammenmergel m. *Amm. inflat.* u. *Auc. gryphaeoid.* Minimus-Thon Thon m. *A. tardef.* u. *Millet.*	Folkestone beds mit *Amm. inflatus, lautus, interrupt.* etc. Sande m. *A. mammillaris*	Folkestone beds mit *Amm. inflatus, lautus, interrupt.* etc. Sande m. *A. mammillaris*	Sande mit *Amm. interrupt.*	Sch. m. *Amm. inflat.* „ „ „ *interrupt.* „ „ „ *mammill.*	Schichten mit *A. inflatus* u. and. Gault-Ammoneen
Aptien	Ober. Z. d. *A. furcatus* Unter. { „ „ *A. Deshayesi* „ „ *A. Weissi* u. *Albr. Austriae*	Hythe beds m. *Amm. Martini* u. *Deshayesi*	Sch. m. *Amm. Deshayesi, Belemn. brunsvic.*	Thone und Sande m. *A. Deshayesi*	Gargasien m. *A. furcatus* etc. Bedoulien m. *Amm. Deshayesi*	Sch. m. *Plicatula* — Gargasien Urgon (Requienien- od. — Bedoulien
Barrémien	Ober. { Z. d. *Anc. trispinos.* „ „ „ *innexum* „ „ „ *costellatum* Unter. { „ „ *Crioc. elegans* „ „ *Anc. crassum*	Atherfield beds m. *A. Decheni*	Sch. m. *Amm. spectonensis, Decheni, progrediens* etc.	Sch. m. *Amm. versicolor, discofalcatus, Decheni*	Sch. m. *Macroscaph. Irani, Crioc. Emerici, Amm. difficilis* etc.	Schrattenkalke m. *Requ. ammonia*, Orbitolinen, Radioliten etc.). — Sch. m. *Macrosc. Irani, Pulchellia* etc.
Hauterivien	Ober. { Z. d. *Cr. Strombecki* „ „ „ *capricornu* Unter. „ „ *Amm. noricus* u. *radiatus*	Punfield beds	Sch. m. *Amm. noricus, Astierianus* etc.	?	Sch. m. *A. radiatus, leopoldinus, Astierianus, Belem. dilat.* u. *pistillif., Toxaster complanatus* etc.	Sch. m. *Crioc. Emerici, Belemn. dilatatus, Amm. Astier., leopold., radiat., Tox. compl., Exog. Couloni*
Valanginien	Ober. { Z. d. *Amm. terscissus* „ „ „ *psilostomus* Unter. { „ „ „ *Keyserlingi* „ „ „ *Gevrili*	Punfield beds	Sch. m. *Amm. Keyserlingi, Belemn. lateralis*	Ober. m. *A. Keyserl.* Unt. m. *A. Gevrili* u. *Marcoui*	Sch. m. *Belemn. dilatatus* u. *pistillif., Amm. Gevrili, Avicula macroptera* etc.	Sch. m. *Amm. noricus, verrucosus* etc. Sch. m. *Duvalia Emerici, Amm. semisulcat., Gevrili* etc.
Berriasien	Wealden-bildungen	Wealden	Sch. m. *Amm. stenomphalus, Belemn. lateralis, Aucella volgensis* etc.	Rjäsan-Stufe m. *Amm. rjasanens. Aucella volgensis* etc.	Sch. m. *Natica leviathan* u. Nerineen	Sch. m. *Amm. Boissieri* u. *occitanicus, Duvalia lata, Pygope diphyoides* etc.

Biancone d. Südalpen (Hauterivien bis Berriasien, Südfrankreich, Alpen)

Kreide-Flysch (Aptien bis Berriasien, Südfrankreich, Alpen)

der Nordalpen zu, eines mächtigen, sich von der Westschweiz bis in die Gegend von Wien und von da am Nordfusse der Karpathen entlang fortsetzenden, hauptsächlich aus Sandstein, daneben aus Conglomeraten, Breccien, Mergelschiefern und Kalksteinen zusammengesetzten Zuges. In der Schweiz gehört der bei weitem grösste Theil dieser äusserst fossilarmen, in der Regel nur Algen (Chondriten) enthaltenden Schichten dem Alttertiär an; im Osten aber, wo die Sandsteine immer mehr hervortreten und als Wiener oder Karpathensandstein bekannt sind, schliessen sie neocome Aptychen (*Didayi*, *angulatocostatus* u. a.) ein und erweisen sich dadurch als altcretacisch [1]).

II. Obere Kreide.

Obere Kreidebildungen Mittel- und Nordeuropas.

In Deutschland lassen sich folgende Verbreitungsgebiete der oberen Kreide unterscheiden:

1. Das kleine, ausschliesslich aus Senon bestehende Gebiet von Aachen und Mastricht.

2. Das nordwestdeutsche oder niedersächsische, im Norden des niederrheinischen Schiefergebirges und des Harzes liegende, vom Rhein bis in die Nähe der Elbe reichende Gebiet. Es umfasst das sogen. westfälische Kreidebecken, Teutoburgerwald und Wesergebirge und die Gegend von Hannover, Braunschweig, Goslar und Halberstadt. Diesem Gebiete kann man auch die kleinen vereinzelten Kreideschollen des Ohmgebirges unweit Stadt Worbis [2]) zurechnen.

3. Das sächsisch-böhmische Gebiet. Hierher gehören ausser der grossen nordböhmischen Kreideregion und dem damit unmittelbar zusammenhängenden sächsischen Elbsandsteingebirge noch die Kreidevorkommen von Löwenberg und anderen Punkten in Niederschlesien sowie die im Südwesten des Böhmerwaldes zwischen Baireuth, Amberg, Regensburg [3]) und Passau gelegenen Partien.

4. Das oberschlesische Kreidegebiet mit den sich aus dem Diluvium heraushebenden Vorkommen in der Gegend von Oppeln und Leobschütz [4]).

5. Das baltische Kreidegebiet. Ausser den kleineren Kreidepartien von Rügen, an der Odermündung, in Pommern, Mecklenburg,

---

[1]) Paul, D. Wiener Wald, ein Beitr. z. Kenntn. d nordalpin. Flyschbildungen. Jahrb. d. geol. Reichsanst. Bd. 48, 53, 1898.

[2]) v. Seebach, Erläuter. z. Blatte Worbis d. geol. Spezialkarte v. Preussen.

[3]) Beyrich, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1849, S. 411; 1850, S. 103.

[4]) F. Römer, Geol. v. Oberschlesien, 1870.

Holstein, bei Lüneburg[1]) u. s. w. gehören hierher nach ihrer ganzen Ausbildung auch die ausgedehnteren Vorkommen auf den dänischen Inseln und im südlichen Schweden.

Im **nordwestlichen Deutschland** bestehen die beiden unteren Hauptabtheilungen der oberen Kreide, Cenoman und Turon, aus weisslichen dünnschichtigen mergeligen, zum Theil etwas kieseligen Kalken, dem Pläner; so im ganzen Gebiet zwischen Teutoburgerwald und Harz. Die Emscher Mergel bestehen ebenfalls überwiegend aus kalkigmergeligen Bildungen; dagegen setzt sich das Senon in jener Gegend hauptsächlich aus lichten Sandsteinen, dem Quadersandstein zusammen. Eigentliche Schreibkreide fehlt; doch kommt in der Nähe von Peine, Lehrte u. s. w. wenigstens etwas Annäherndes vor.

Wie für die genauere Kenntniss der älteren Kreide, sind auch für diejenige der jüngeren cretacischen Bildungen des in Rede stehenden Gebietes besonders die Arbeiten von v. Strombeck sowie die in erster Linie die westfälische Kreide betreffenden Untersuchungen Schlüter's wichtig geworden[2]).

Unterer Pläner oder **Cenoman.** Er beginnt in der Regel mit mehr oder minder conglomeratischen und glauconitischen Sanden und Mergeln, die *Pecten asper* (**66**, 2), *Catopygus carinatus*, *Ostrea diluviana* u. s. w. enthalten. Es ist das die sogen. Tourtia, so benannt mit einer belgischen Bezeichnung für Ablagerungen dieses Alters in der Gegend von Tournai. Für die darüber folgenden Mergelkalke sind besonders zwei Ammoniten wichtig: für die unteren die weit verbreitete

---

[1]) v. Strombeck, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1863, S. 97.

[2]) v. Strombeck, Glieder. d. Pläners im nordw. Deutschland. N. Jahrb. f. Min. 1857, S. 785. — Derselbe, Beitr. z. Kenntn. d. Pläners üb. d. westfäl. Steinkohlenf. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1859, S. 27. — Schlüter, Verbreit. d. Cephalop. i. d. ob. Kreide Norddeutschl. Ebend. 1876, S. 457.

Von sonstiger geol. Literatur über die obere Kreide dieses Gebietes seien noch genannt: Beyrich, Kreidef. zw. Halberstadt, Blankenb. u. Quedlinb. Ebend. 1849, S. 288. — Derselbe, Bemerk. z. ein. geogn. Karte d. nördl. Harzrandes. Ebend. 1851, S. 567. — F. Römer, Ueber d. geogn. Zusammens. d. Teutoburg. Wald. N. Jahrb. 1850, S. 385. — Derselbe, Die Kreidebildungen Westfalens. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1854, S. 99. — Ewald, Geogn. Uebersichtskarte d. Prov. Sachsen, 1865—1869. — v. Dechen, Erläuter. z. geol. Karte d. Rheinprov. etc. II, 1884, S. 424.

Von paläontol. Schriften seien nur genannt: Schlüter, Cephalop. d. ob. deutsch. Kreide. Paläontogr. 1871—1877. — Derselbe, Ueber Inoceramen. Ebend. 1877. — Derselbe, Foss. Echinod. d. nördl. Deutschl. Verh. naturhist. Ver. Rheinl.-Westf. 1869. — Derselbe, Die regul. Echiniden d. nordd. Kreide. Abh. z. geol. Specialkarte v. Preussen, 1883. — v. d. Marck, Foss. Fische d. westf. Kreide. Paläontogr. 1863—1873. — Derselbe u. Schlüter, Fische und Krebse. Ebend. 1868. — v. d. Marck u. Hosius, Flora. Ebend. 1880. — Schlönbach, Brachiop. d. nordd. Cenom. Benecke's geogn. Beitr. 1867.

(auch in Nordafrika, Indien und Südamerika vorkommende) *Schlönbachia varians* (**65**, 2) mit gekieltem Rücken und gespaltenen, am Ende geknoteten Rippen, für die oberen Mergel dagegen das grosse, dicke *Acanthoceras rotomagense* (**65**, 1) mit knotigem Rücken und wenig gespaltenen, aber ebenfalls mehrfach geknoteten Rippen. Im ganzen Cenoman ist ausserdem nicht selten *Acanthoc. Mantelli.* Sehr verbreitet ist auch die schneckenförmig gebaute, reich verzierte Ammonitengattung *Turrilites* (*costatus, tuberculatus* u. a.).

Schlüter nimmt für das Cenoman von unten nach oben nachstehende Zonen an:

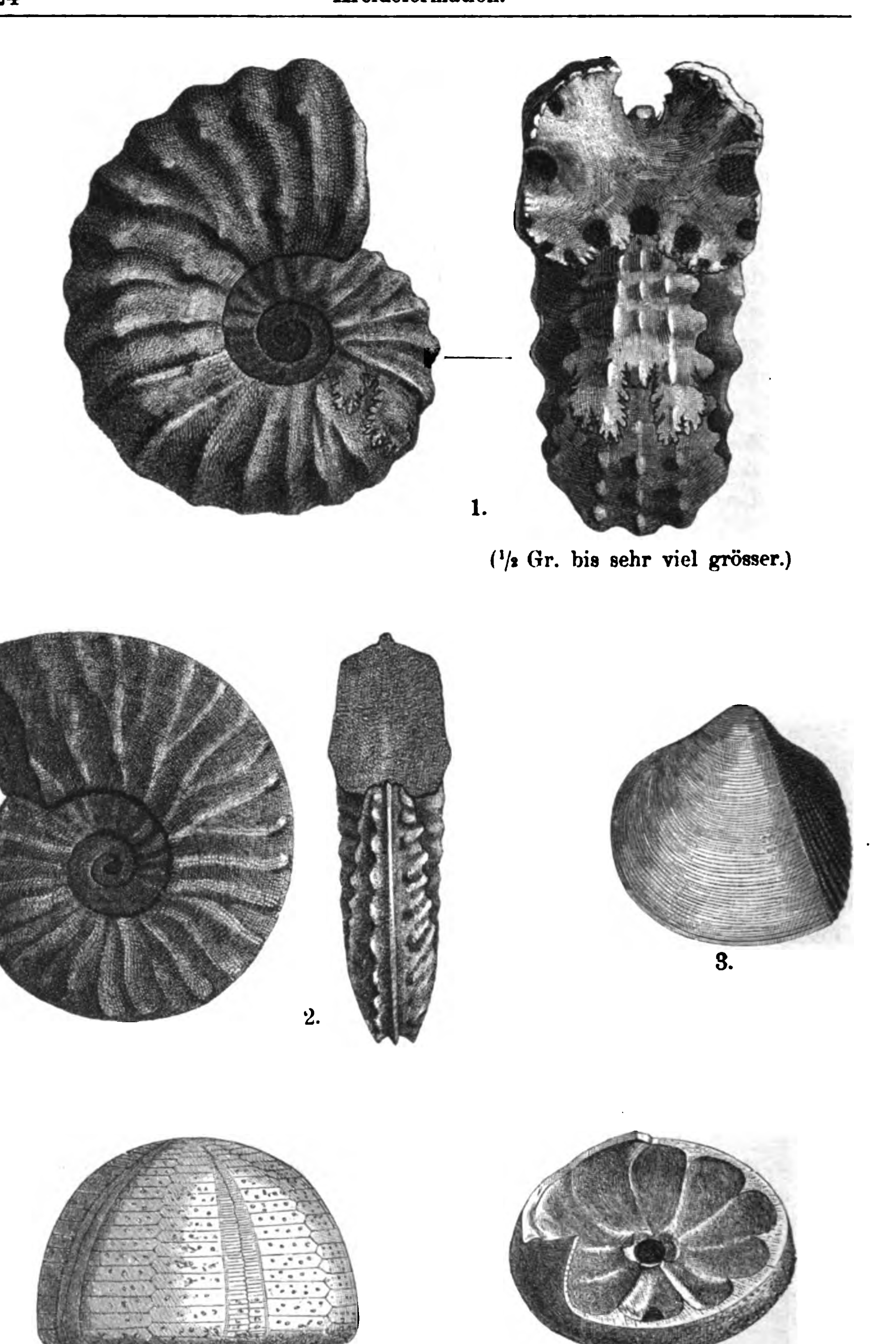
1. Zone des *Pecten asper* und *Catopygus carinatus.*
2. Zone des *Ammonites varians* und *Hemiaster Griepenkerli.*
3. Zone des *Amm. rotomagensis* und *Holaster subglobosus.*

Oberer Pläner oder **Turon.** v. Strombeck unterscheidet hier: 1. Schichten mit *Inoceramus mytiloides = labiatus* (**66**, 4) (schmal, langgestreckt), sogen. Mytiloidespläner, häufig mehr oder weniger lebhaft roth gefärbt, mit verhältnissmässig armer Fauna. 2. Schichten mit *Inoc. Brongniarti* (**67**, 5) (gross, sehr dickschalig, mit starken concentrischen Anwachswülsten), Brongniartipläner. 3. Schichten mit *Galerites* (= *Echinoconus*) *albogalerus* (**67**, 7), *Micraster breviporus*, *Holaster planus* und anderen Seeigeln und *Terebratula Becksi*, Galeritenpläner. 4. Schichten mit *Scaphites Geinitzi* (**67**, 2), Scaphitenpläner. In diesem letzten, von Westfalen bis nach Schlesien verbreiteten Niveau sind ausserdem noch häufig *Spondylus spinosus* (**67**, 4), der grosse *Amm. (Pachydiscus) peramplus* (**67**, 1) und *Prionotropites Woolgari*, *Terebratula semiglobosa*, *Rhynchonella plicatilis* u. s. w. 5. Schichten mit *Inoc. Cuvieri* (**67**, 6) (breit, von gerundet quadratischem Umriss, mit kurzem Flügel), *Epiaster brevis* u. s. w., Cuvieripläner.

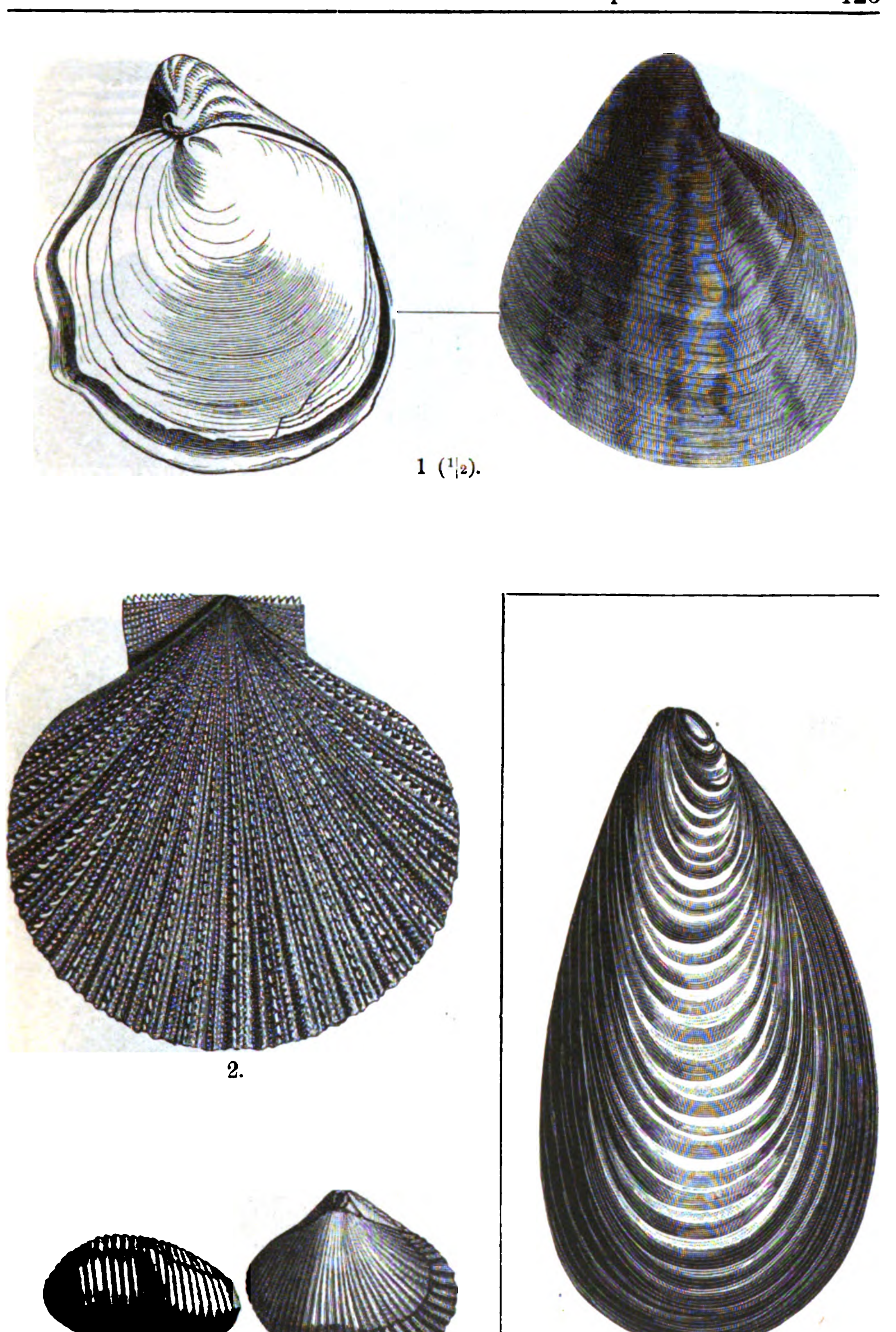
Schlüter unterscheidet für das Turon:

1. Zone des *Actinocamax plenus.* Glauconit. Mergel.
2. Zone des *Inoceramus labiatus* und *Amm. nodosoides* (*Labiatus*-Pläner).
3. Zone des *Inocer. Brongniarti* und *Amm. Woolgari* (*Brongniarti*-Pläner).
4. Zone des *Heteroceras Reussianum* und *Spondylus spinosus*
   - a) Kalkmergel mit *Micraster breviporus.*
   - b) Grünsand von Soest mit *Pachydisc. peramplus.*
   - c) Grünsand m. *Micrast. cor testudinarium.*
5. Zone des *Inocer. Cuvieri* und *Epiaster brevis.*

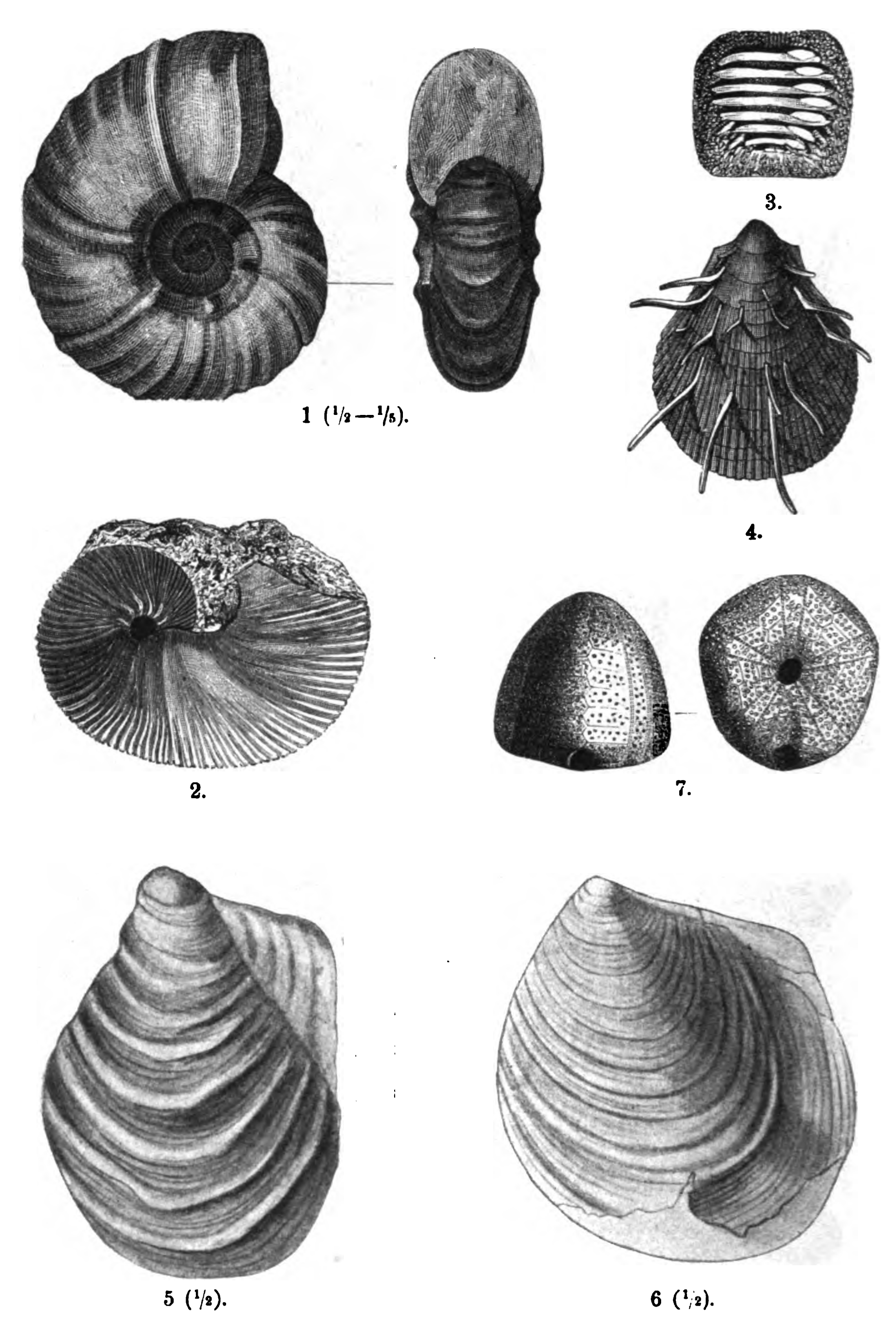
Die Zone des *Act. plenus* ist bisher ausserhalb Westfalens nur in der Gegend von Rouen und im Londoner Kreidegebiet nachgewiesen. Dass Schlüter keine besonderen Galeritenschichten unterscheidet, erklärt



Taf. 65. Versteinerungen des Cenoman. 1. *Acanthoceras rotomagense* Defr. 2. *Schlönbachia varians* Sow. 3. *Protocardium hillanum* Sow. 4. *Discoidea cylindrica* Agass. 4 a. Dieselbe zerbrochen, die charakteristischen inneren Leisten zeigend.



Taf. 66. Versteinerungen des Cenoman (1—3) und Turon (4). 1. *Exogyra columba* Desh. 2. *Pecten asper* Lam. 3. *Rhynchonella compressa* Lam. 4. *Inoceramus labiatus* Schl. (= *mytiloides* Mant.)



Taf. 67. Versteinerungen des Turon. 1. *Pachydiscus peramplus* Mant. 2. *Scaphites Geinitzi* d'Orb. 3. Zahn von *Ptychodus latissimus* Agass. 4. *Spondylus spinosus* Sow. 5. *Inoceramus Brongniarti* Sow. 6. *Inocer. Cuvieri* Sow. 7. *Galerites (Echinoconus) albogalerus* Klein, v. d. Seite u. v. unt. (auch im Senon).

sich daraus, dass diese Schichten nur eine abweichende Facies des Brongniartipläners darstellen [1]).

Emscher-Mergel. Unter dem Namen Emscher-Mergel (oder kurz „Emscher") hat CL. SCHLÜTER in den 70er Jahren d. v. J. eine in Westfalen unmittelbar über dem Cuvieripläner liegende und von der Marsupitenzone überlagerte Folge von blaugrauen lockeren zum Theil glauconitischen, bis dahin mit dem Senon vereinigten Kalk- und Thonmergeln ausgeschieden. In besonders charakteristischer Weise im Gebiete der (unterhalb der Ruhr in den Rhein gehenden) Emscher entwickelt, werden diese Schichten stellenweise bis gegen 500 m stark und stellen so das mächtigste Glied der ganzen norddeutschen Kreide dar. Der Emscher ist jetzt auch im subhercynischen Gebiet sowie in Schlesien, Böhmen (in Geschiebeform auch in Ostpreussen), Frankreich, England und in den Alpen, ja in Palästina, Ostindien, Nord- und Mittelamerika nachgewiesen und darf deshalb wie auch wegen seiner eigenartigen Fauna den Rang einer selbständigen Abtheilung der oberen Kreide beanspruchen.

Die Fauna ist besonders gekennzeichnet durch die Ammonitengattung *Mortoniceras* (weitnabelig, mit vierseitigen, aussen gekielten Umgängen und einfachen, geraden, mit Randknoten endigenden Rippen), die hier durch *Amm. Margae* (**68**, 1), *tricarinatus*, *texanus*, *serratomarginatus* = *Emscheris* u. a. vertreten ist. Die Gattungen *Tissotia* (dick, engnabelig, mit ceratitenähnlicher Sutur — *Ewaldi* [**68**, 3], *Haberfellneri* u. a.) und *Placenticeras* (enggenabelt, scheibenförmig, mit zugeschärftem Rücken) sind andere Charakterformen der Emscher Mergel, für welche *Nautilus leiotropis*, *Actinocamax westphalicus* und einige grosse Inoceramen (insbesondere *digitatus* (**68**, 2) und *involutus*) als weitere Leitarten zu nennen sind.

Senon. Dieses stellt eine mächtige vielgliederige versteinerungsreiche Schichtenfolge von sehr wechselnder Entwickelung dar. Früher unterschied man in Deutschland allgemein nur zwei Stufen: 1. das Untersenon mit *Belemnitella (Actinocamax) quadrata* (**69**, 1) (mit rauh gekörnter Oberfläche und kurzer Alveole), die Quadratenkreide, und 2. das Obersenon mit *Belemnitella mucronata* (**70**, 1) (mit verzweigten Gefässeindrücken und langer Alveole), die Mucronatenkreide. Viel

---

[1]) U. SCHLÖNBACH, Ueb. d. norddeutsch. Galeritenschichten. Sitzungsber. der Wien. Akad. 1868.

Das Oberturon (Angoumien) des Teutoburger Waldes behandelt eine neue Arbeit von JOH. ELBERT, Verh. nat. Ver. Rheinl.-Westf., 58. Jahrg., 1901.

[2]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1874, S. 775; ebend. 1876, S. 481. — Vergl. auch MÜLLER, Beitr. z. Kenntn. d. ob. Kreide a. nördl. Harzrande. Jahrbuch d. preuss. geol. Landesanst. f. 1887, S. 372.

detaillirter ist die Eintheilung von SCHLÜTER, der das nordwestdeutsche Senon folgendermaassen gliedert:

Untersenon = Untere Quadratenkreide (= Santonien)[1]).

1. Zone des *Marsupites ornatus* (**68**, 4) (ein stielloses, an der charakteristischen Zeichnung seiner Kelchtafeln leicht kenntliches Crinoid). Hierher gehören die westfälischen Sandmergel von Recklinghausen und wahrscheinlich auch die versteinerungsreichen Mergel des Salzberges bei Quedlinburg[2]).
2. Z. d. *Pecten muricatus*. Ausser dieser Art noch *Vola quadricostata*, *Inoceramus lobatus*, *Trigonia aliformis* (**68**, 6), *Pinna quadrangularis*, Blätter von *Credneria* (**71**, 6) u. s. w. Hierher sind zu stellen die Schichten von Haltern in Westfalen u. s. w.
3. Z. d. *Scaphites binodosus*, mit *Exogyra laciniata*, *Inocer. lingua*, *Scaph. inflatus* u. a. Die als typisches Vorkommen betrachteten Sandkalke von Dülmen in Westfalen sind noch besonders bemerkenswerth durch den riesigsten überhaupt bekannten Ammoniten, *Pachydiscus seppenradensis*, der einen Durchmesser von über 2,5 m erreicht[3]).

Obersenon = **Coeloptychienkreide** (= Campanien).

Die merkwürdige pilzförmige Schwammgattung (Hexactinellide) *Coeloptychium* (**70**, 6) ist ganz auf diese oberste Abtheilung der Kreide beschränkt, hier aber von Irland bis nach dem südöstlichen Russland verbreitet.

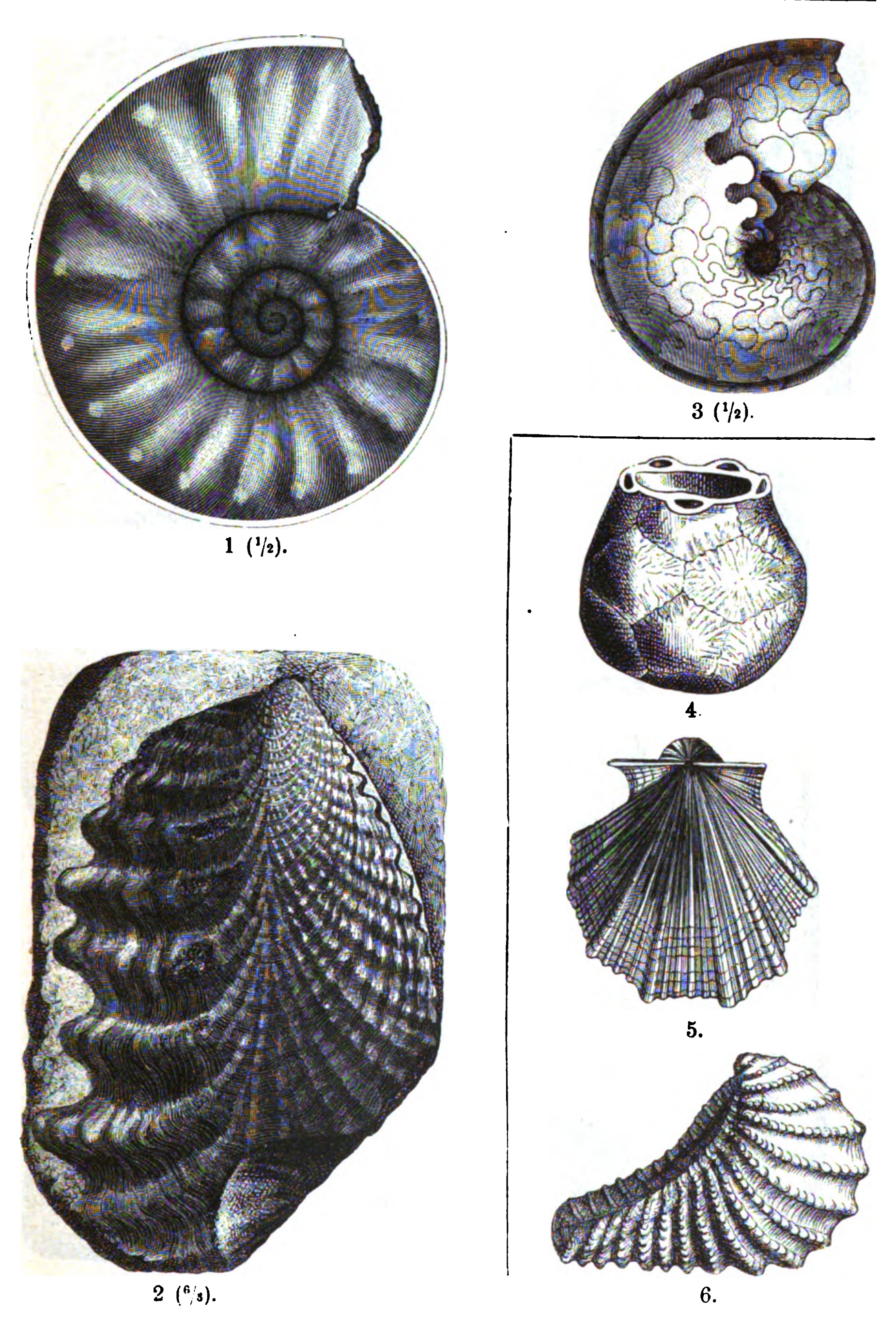
1. Z. d. *Becksia Soekelandi* (ebenfalls eine Hexactinellide) = Obere Quadratenkreide. Häufige Formen sind neben *Actinoc. quadratus Inoceram. Cripsi* (**71**, 2) (durch das ganze Senon hindurchgehende, flache, sehr in die Quere ausgedehnte, breitflügelige Art), *Vola quinquecostata* (**68**, 5), *Gryphaea vesicularis* (**70**, 4), *Coeloptychium agaricoides* (**70**, 6), *Ananchytes (Echinocorys) vulgaris* u. a.
2. Z. d. *Amm. Coesfeldensis* und *Micraster glyphus* = Untere Mucronatenkreide. Hierher die Mergel, Kalke und Mergelsandsteine von Coesfeld, Darup, Rorup u. s. w., etwa 60 m mächtig. *Ananchytes vulgaris*, *Vola quinquecostata*, *Gryphaea vesicularis*, *Pholadomya Esmarki*, *Terebratula obesa*, *Belemnitella mucronata* u. a. m.
3. Z. d. *Heteroceras polyplocum* (**70**, 2) (gebaut wie *Turrilites*, aber die letzten Umgänge frei werdend; grosse längsgerippte Art) und *Scaphites pulcherrimus* = Obere Mucronatenkreide. *Belemn. mucronata*, *Amm. Wittekindi*, *Baculites anceps* (**70**, 3), *Ananch. ovata* (**69**, 3) sowie zahlreiche Fische, Krebse und Pflanzen (berühmte Fundstätten für Fische und Pflanzen sind die Plattenkalke der Baumberge und von Sendenhorst). Hierher die mürben gelblichen Sandsteine und Mergel von Haldem und Lemförde in Westfalen, Ahlten bei Hannover u. s. w., etwa 30 m mächtig werdend. Diese Zone enthält die jüngsten deutschen Ammoneen, von denen SCHLÜTER 6 Ammoniten, 5 Scaphiten, 1 *Ancyloceras*, 2 Hamiten, 1 *Heteroceras* und 2 Baculiten angiebt, sowie auch die jüngsten Belemniten (*B. mucronata*).

---

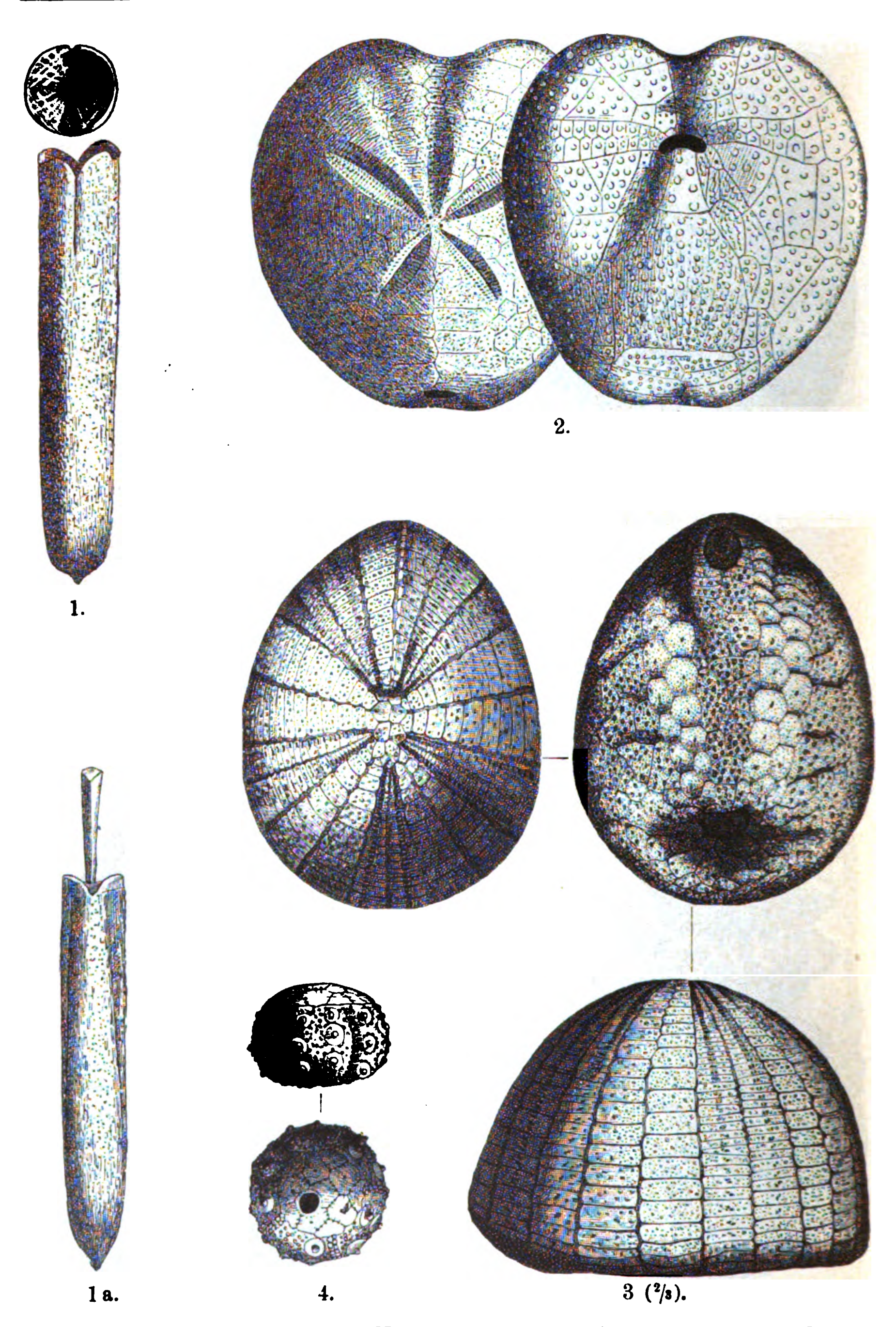
[1]) G. MÜLLER, Molluskenfauna d. Untersenon v. Braunschweig u. Ilsede. Abh. d. pr. geol. Landesanst. 1898.

[2]) D. BRAUNS, Der senon. Mergel d. Salzberges. Zeitschr. f. ges. Naturw. 1876. — S. 325. — Eine ungefähr gleichalterige reiche Uferfauna, sowie eine interessante kleine, *Cyrena* und *Paludina* enthaltende Süsswasserfauna aus derselben Gegend hat FRECH beschrieben. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1887, S. 141.

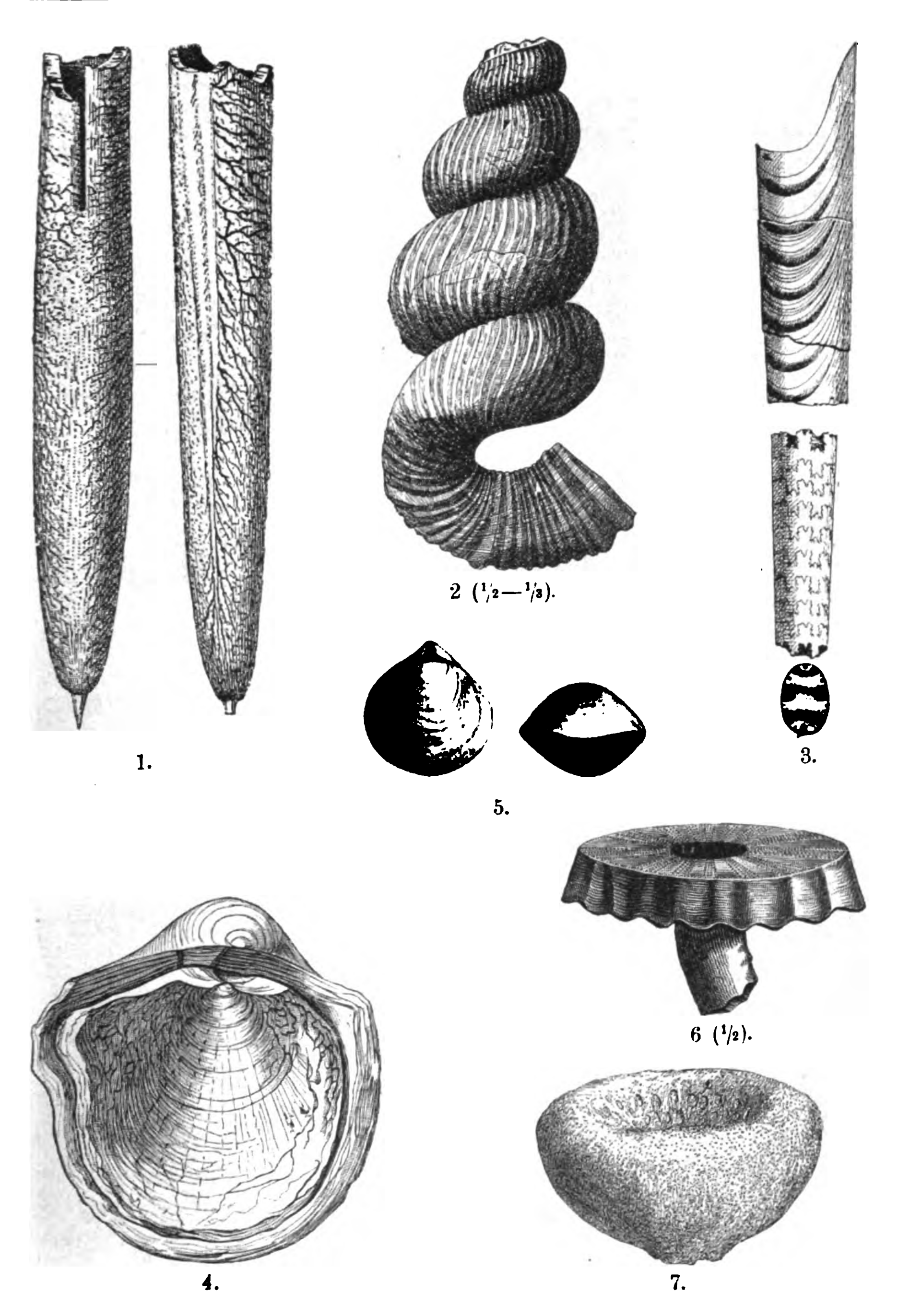
[3]) Vergl. LANDOIS, Jahresber. d. westfäl. Prov. Ver. Wiss. Kunst. Münster 1895.



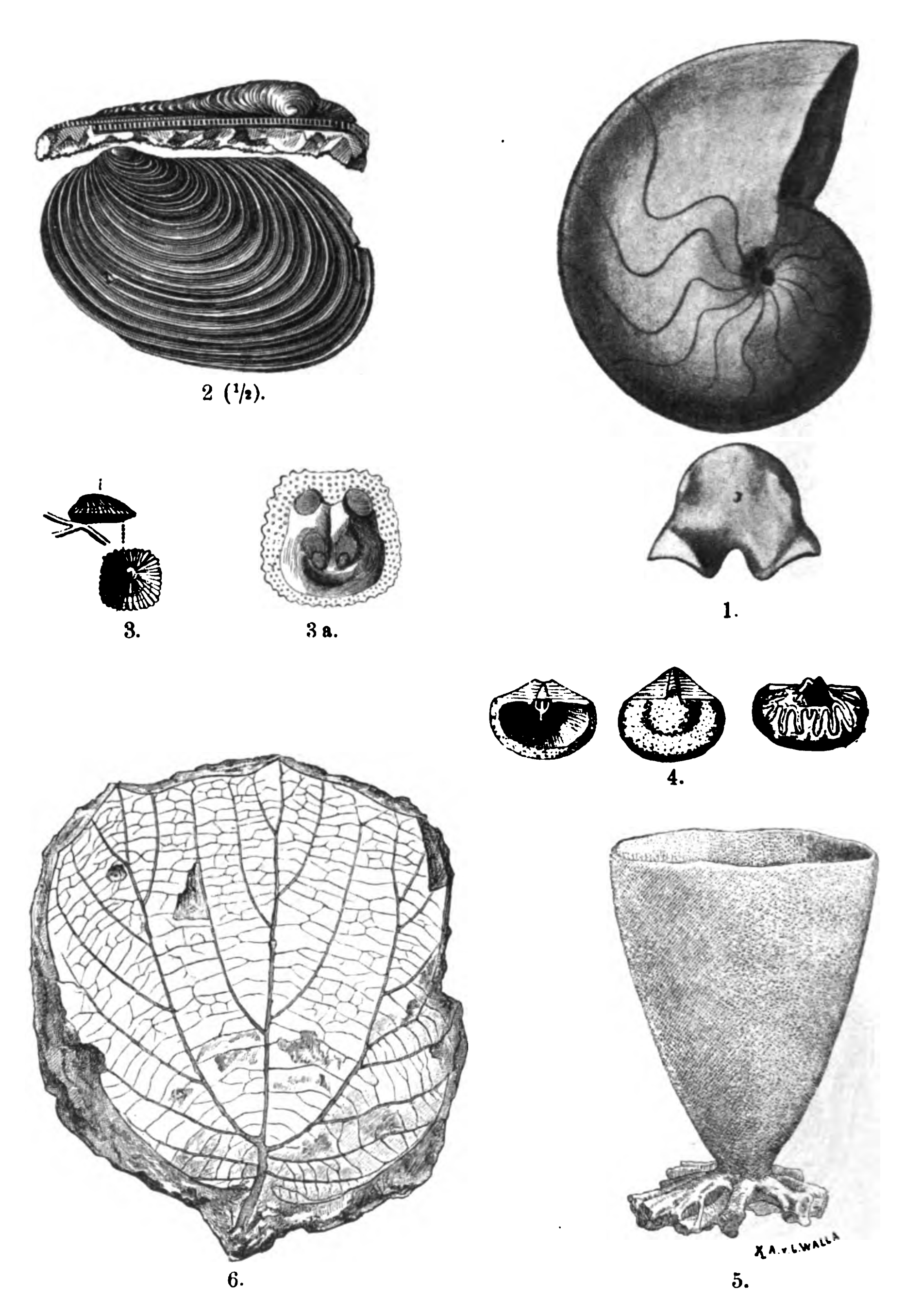
Taf. 68. Versteinerungen des Emscher (1—3) und des Untersenon. 1. *Mortoniceras Margae* SCHLÜT. 2. *Inoceramus digitatus* SOW. 3. *Tissotia Ewaldi* v. BUCH. 4. *Marsupites ornatus* SOW. 5. *Pecten (Vola) quinquecostatus* SOW. 6. *Trigonia aliformis* PARK.



Taf. 69. Versteinerungen des Untersenon. 1. *Actinocamax quadratus* Blainv. 1a. Desgl. mit zerdrückter, aus der Scheide hervorragender Alveole. 2. *Micraster cor testudinarium* Goldf. 3. *Echinocorys* (= *Ananchytes*) *ovata* Leske. 4. *Salenia geometrica* Agass.



Taf. 70. Versteinerungen des Obersenon. 1. *Belemnitella mucronata* Schl. 2. *Heteroceras polyplocum* A. Röm. 3. *Baculites anceps* Lam. 4. *Gryphaea vesicularis* Lam. 5. *Terebratula carnea* Sow. 6. *Coeloptychium agaricoides* Gf. 7. *Callopegma acaule* Zitt.



Taf. 71. Versteinerungen des Senon und Danien. 1. *Nautilus danicus* Schl. 2. *Inoceramus Cripsi* Mant. 3. *Crania ignabergensis* Retz. 3 a. Innenseite der Unterschale, vergr. 4. *Thecidium digitatum* Gf. 5. *Coscinopora infundibuliformis* Gf. 6. *Credneria triacuminata* Hampe.

Im östlichen Deutschland ist namentlich das **sächsische Kreidegebiet** durch die langjährigen Untersuchungen von H. Br. Geinitz und später der sächsischen Landesgeologen wichtig geworden[1]. Das Cenoman beginnt hier bei Plauen, Tharandt u. s. w. mit ächter Tourtia, sandig-conglomeratischen Muschelbreccien, die unmittelbar, zum Theil in taschenförmigen Vertiefungen, dem Syenit des Plauen'schen Grundes aufliegen. Die dann folgenden Schichten sind vorherrschend sandig, als Quadersandstein entwickelt und reichen meist kaum bis zum obersten Horizont des Turon hinauf. Nach den sächsischen Landesgeologen[2] gliedert sich diese Schichtenreihe von oben nach unten in:

Turon.

Zone d. *Inocer. Cuvieri.*

10b) Thonmergel; nur südöstlich des erzgebirgischen Abbruches entwickelt.

10a) Ueberquader, in einzelnen Bergen dem Gliede 9 aufgesetzt.

Zone d. *Scaphites Geinitzi.*

9. Thone und Mergel.

Zone d. *Inocer. Brongniarti.*

8. Oberquader, Isersandstein. In ihm das Elbthal eingeschnitten.
7. Versteinerungsleere Mergel.
6. u. 4. Glauconitsandstein mit *Rhynch. bohemica.*
5. Pläner mit *Spondyl. spinosus,* örtlich zwischen 6 u. 4 eingeschoben.

Zone d. *Inocer. labiatus.*

3. Mittelquader, zuunterst oft in Mergel übergehend.

Cenoman.

Zone d. *Ostrea carinata.*

2. Unterquader mit *Ostr. hippopodium* und *diluviana, Exogyra columba* (66, 1), *haliotoidea* und *Inocer. striatus* etc., z. Th. ersetzt durch Pläner.

Crednerienzone.

1. Nur örtlich (bes. bei Niederschöna) entwickelte bituminöse pflanzenreiche Sandsteine und Schieferthone.

Schon in der Gegend von Pirna werden die Turon-Sandsteine mergelig und gehen weiter nach Nordwesten in Plänerkalke über, die bei Strehlen (unweit Dresden), Weinböhla, Meissen u. a. O. eine reiche Fauna (*Pachyd. peramplus, Prion. Woolgari, Baculites baculoides, Scaphites Geinitzi, Inocer. Brongniarti, Rhynchonella plicatilis, Micraster breviporus* u. s. w.) einschliessen.

Nur ganz örtlich scheinen in Sachsen jüngere Schichten als Turon entwickelt zu sein. So gehört nach Petraczek der Ueberquader von Zatzschke mit *Pholadom. nodulifera, Exog. lateralis* u. cf. *laciniata* u. s. w.

[1] Das Elbthalgebirge in Sachsen. Paläontogr. XX, 1871—1875.

[2] Herm. Credner, Elemente d. Geologie, 1897, S. 650. — R. Beck, Geolog. Wegweis. d. d. Dresdn. Elbthalgebiet.



dem Horizonte der Mergel des Salzberges bei Quedlinburg und der westfälischen Sandmergel von Recklinghausen an [1]).

In **Niederschlesien** [2]) finden wir eine grössere Kreidepartie einmal in der Löwenberger Bucht. Zuunterst liegen hier Quadersandsteine mit *Exogyra columba*, *Ac. rotomagense* etc., also Cenoman. Die dann folgenden plänerartigen Mergel erweisen sich durch *Inocer. labiatus* und *Brongniarti* als Turon. Darüber lagern mürbe pflanzenreiche Sand-

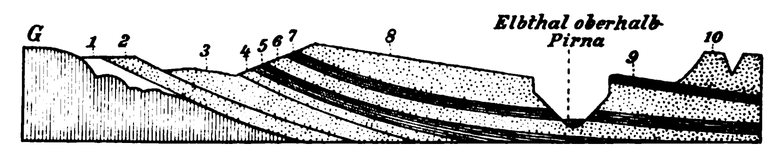


Fig. 80. Profil durch die Quadersandsteinbildungen des Elbthalgebirges. Nach Herm. Credner (Elem. d. Geol. 1897, S. 650). (Die Ziffern sind die des Schemas auf vorig. Seite.)

steine (*Credneria denticulata* etc.), dann Quader mit *Belemn. mucronata*, *Baculites*, *Scaphites* etc., während die obersten Schichten aus Thonen mit Steinkohle und Thoneisensteinen bestehen und theils marine (*Omphalia*, *Actaeonella*, *Cardium*), theils brackische Conchylien (*Cyrena cretacea*) und besonders Landpflanzen einschliessen. Die Kohlenflötze werden nicht über 0,5 m stark, während die Thone das Material für die bekannte Bunzlauer Töpferindustrie liefern.

Eine noch grössere Verbreitung hat die Oberkreide in der Grafschaft Glatz und in den angrenzenden Gegenden Böhmens. Auch hier besteht das Cenoman aus Quadersandstein, das Turon theils aus Pläner, theils aus Sandstein. Dem Emscher gehört — wie *Inocer. involutus*, *Mortonic. subtricarinatum* etc. beweisen — der seit langer Zeit durch seine reiche Flora (ausgezeichnete Laubblattabdrücke) bekannte Sandstein von Kieslingswalde an [3]).

In **Oberschlesien** [4]) findet sich Oberkreide besonders in der Gegend von Oppeln. Das Cenoman setzt sich hier aus zum Theil glauconitischem Sandstein und Mergeln (*A. rotomag.*) zusammen, das Turon aus Mergeln (*Spondyl. spin.*, *Scaph. Geinitzi*, *Holaster* etc.), das Senon aus Mergeln und Sandsteinen mit *Baculites* etc.

---

[1]) Abh. naturw. Ges. Isis, 1897, S. 24.

[2]) Erläut. z. geogn. Karte v. Niederschlesien, herausg. v. J. Roth, 1867. — Williger, Die Löwenberg. Kreidemulde. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1881. — Gürich, Erl. z. geol. Uebersichtskarte v. Schlesien. Breslau 1890.

[3]) Fr. Sturm, D. Sandst. v. Kieslingswalde u. seine Fauna. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1900, S. 39.

[4]) F. Römer, Geologie von Oberschlesien, 1870.

Auch in den an Oberschlesien angrenzenden Theilen **Polens** haben obercretacische Ablagerungen eine nicht unbeträchtliche Verbreitung. Es handelt sich um obersenone Mergel mit *Belemn. mucronata.*

Eine reiche faunistische Vertretung des Horizontes der Haldem-Lemförder Mergel in Westfalen findet sich bei Lemberg und Nagorzany (*Belemn. mucron.*, *Gryphaea vesicularis,* zahlreiche Nautilen, Ammoniten, Scaphiten, Hamiten, Baculiten u. s. w.).

Eine Fortsetzung des sächsischen bildet das **böhmische Kreidegebiet,** in dem wie in Sachsen Quadersandsteine über alle anderen Gesteine überwiegen. Wir verdanken die Kenntniss der böhmischen Kreide insbesondere Joh. Krejci und A. Fritsch, von denen der Letztgenannte uns auch mit deren reichem Fossilinhalt bekannt gemacht hat [1]). Indess lässt die genauere stratigraphische und paläontologische Durchforschung der böhmischen Kreide noch viel zu wünschen. Gewöhnlich weist man dem Cenoman die Perutzer und Korytzaner, dem Turon die Weissenberger, Malnitzer und Teplitzer, dem Senon die Priesener und Chlomeker Schichten zu [2]). Dass auch der Emscher vertreten ist, zeigen die aus den beiden letztgenannten Stufen angeführten *Amm. subtricarinatus, texanus* u. a.

Auch die Kreide im Südwesten des bayerisch-böhmischen Grenzgebirges ist nur ein Zubehör der sächsisch-böhmischen. Auch hier herrschen sandige Gesteine mit der grossen *Exogyra columba* als Hauptleitfossil. Am besten sind diese Ablagerungen bei Regensburg entwickelt. Das Cenoman beginnt mit Grünsanden mit *Pecten asper, Ostrea carinata*, *Exog. columba* etc. Einem noch etwas tieferen Niveau gehören sandig-thonige Schichten an, die in der Gegend von Amberg reiche Brauneisenlager einschliessen. Das Turon vertreten kieselig-mergelige Bildungen mit *Inocer. labiatus,* darüber folgen solche mit *Amm. Woolgari* und *peramplus,* endlich solche mit *Scaph. Geinitzi* und *Spond. spinosus. Exog. columba* ist in allen diesen Schichten vorhanden. Das Senon endlich besteht aus grauen Mergeln mit *Baculites anceps* und grobkörnigen Sandsteinen mit *Exog. laciniata* [3]).

Das **baltische Kreidegebiet** ist vor allem durch die weisse Schreibkreide ausgezeichnet, deren südlichstes Vorkommen bei Lüneburg liegt. Sie stellt eine erdige, theils aus amorphen Kalktheilchen,

---

[1]) Die Mehrzahl seiner „Studien im Geb. d. böhm. Kreideform." erschien im Archiv d. naturw. Landesdurchforsch. v. Böhmen. Ausserdem seien genannt: Gümbel, N. Jahrb. f. Min. 1867, 195. — Schlönbach u. Fritsch, Cephalopoden d. böhm. Kreideformation, 1879.

[2]) Vergl. Katzer, Geol. v. Böhmen, 1892, S. 1236.

[3]) Gümbel, Geol. v. Bayern, II, 1894, S. 834.

theils aus zahllosen kleinsten Schälchen von Foraminiferen (besonders Globigerinen) und zerriebenen Resten von Bryozoen, Mollusken, Korallen u. s. w. bestehende, dem heutigen Globigerinenschlamm der Tiefsee ähnliche, aber nach CAYEUX[1]) u. A. in verhältnissmässig geringer Tiefe entstandene Bildung dar.

Ein besonders bekanntes und ausgezeichnetes Vorkommen bietet die Nordostküste von Rügen. Hier, wie überall in der ächten Schreibkreide, sind eine charakteristische Erscheinung schichtförmig angehäufte Flint- oder Feuersteinknollen, die ihre Entstehung der Concentrirung der im kalkigen Gestein in Gestalt von Radiolarien-, Spongien- und Diatomeenresten enthaltenen Kieselsäure verdanken. Die Kreide von Rügen mit *Ananchytes ovata*, *Micraster Leskei*, *Galerites vulgaris*, *Cidaris vesiculosa*, verschiedenen Arten von *Cyphosoma*, *Gryphaea vesicularis*, *Spondylus fimbriatus*, *Terebratula carnea*, *Belemnit. mucronata*, zahlreichen Bryozoen u. s. w. gehört den Mucronatenschichten an, während die Quadratenschichten ganz zu fehlen scheinen[2]); doch sind durch Tiefbohrungen bei Greifswald sowohl Turon und Cenoman als auch Gault nachgewiesen.

Die Schreibkreide von Usedom und Wollin mit *Holaster planus*, *Inoceramus Brongniarti* u. s. w. gehört dem Turon an[3]), während die zahlreichen ähnlichen kleinen Vorkommen Mecklenburgs vorherrschend senonen, zum Theil aber auch turonen und cenomanen Alters sind[4]) und bei Lüneburg Cenoman, Turon, Emscher und Quadratenkreide auftreten. Glauconitische Mergel des Emscher mit *Actinoc. westphalicus* sind auch von Revahl in Hinterpommern bekannt, während endlich in West- und Ostpreussen durch neuere Bohrungen eine grosse unterirdische Verbreitung der oberen Kreide (Cenoman mit *Schlönb. Coupei* und *varians* etc. und besonders Mucronatenschichten) nachgewiesen ist[5]).

Da unsere baltische Kreide in der Hauptsache nur einen Ausläufer der viel ausgedehnteren senonen Kreidebildungen der Insel **Bornholm, Dänemarks** und **Schonens** bildet, so mögen diese gleich hier besprochen

---

[1]) Contrib. à l'étude microsc. des terrains sédiment. Lille 1897. — Derselbe, Ann. Soc. géol. du Nord, XIX, 95.

[2]) v. HAGENOW, Monogr. d. Rügen'schen Versteinerungen. N. Jahrb. 1839, 1840, 1842. — MARSSON, Die Bryozoen d. weiss. Schreibkr. d. Ins. Rügen. Paläont. Abh. 1887.

[3]) W. DEECKE, Mesoz. Formationen d. Prov. Pommern. Greifsw. 1894.

[4]) E. GEINITZ, Geol. Führer d. Mecklenb. 1899.

[5]) A. JENTZSCH, D. vordiluviale Untergrund d. nordd. Flachlandes. Jahrb. d. pr. geol. Landesanst. f. 1899, S. 266. Vergl. auch Derselbe, Der tiefere Untergr. Königsbergs, ebend. S. 1.

werden. Nach Schlüter[1]) und Lundgren[2]) gliedern sie sich folgendermaassen:

Danien.

Saltholmskalk (bei Malmö) mit *Ananchytus sulcatus, Nautilus danicus* (71, 1), *Baculites Faujasi, Gryphaea vesicularis, Terebr. carnea* etc.

Faxekalk, gelblicher Kalk mit *Naut. danicus, Dromiopsis rugosa, Cidaris Forchhammeri* und *danica, Holaster faxensis*, vielen Bryozoen, eigenthümlichen Korallen u. s. w.

Obersenon.

Belemnitellenschichten. Köpinger Grünsand u. s. w.

Schichten mit *Actinocamax mammillatus*. Trümmerkreide von Ignaberga, Tosterup u. s. w.

Schichten mit *Actinoc. quadratus*. Rödmölla und Kåseberga.

Untersenon.

Schichten mit *Actinoc. westphalicus* und *verus, Marsupites, Inocer. cardissoides* und *lingua* etc. Kullemölla u. s. w.

Es sei noch bemerkt, dass von der weitgehenden Zerstörung dieser nordischen Kreidebildungen die zahllosen im norddeutschen Diluvium zerstreuten Feuersteine und sonstigen Kreidegeschiebe herzuleiten sind. Ein Theil davon stammt allerdings sehr wahrscheinlich von ehemals in Norddeutschland selbst vorhanden gewesenen Vorkommen[3]).

Das kleine Kreidegebiet von **Aachen** und **Mastricht** endlich besteht ebenfalls ausschliesslich aus Senon, das in seinem unteren Theile alle Merkmale einer Strand- und Dünenbildung zeigt, während das obere (die Mucronatenschichten) transgredirend über dem unteren liegt. Holzapfel, dem wir eine neuere umfassende Bearbeitung der reichen Molluskenfauna der Aachener Kreide verdanken[4]), gliedert diese folgendermaassen:

Obersenon (mit *Belemn. mucronata*).

2. Mastrichter Schichten, weiche gelbliche sogen. Tuffkreide. Bei Aachen selbst nur noch in kleinen Ueberresten, dagegen ausgezeichnet entwickelt bei Mastricht, wo das sehr versteinerungsreiche Gestein (zahlreiche Bryozoen, *Hemipneustes, Cardiaster* und andere Seeigel, *Baculites Faujasi*, Schnecken, Muscheln [*Gryphaea vesicularis*, einige kleinere Rudisten und Sphäruliten], Brachiopoden, Foraminiferen) am Petersberge seit alter Zeit gewonnen wird. Von hier stammt auch die berühmte riesige Meeresechse *Mosasaurus*.

---

[1]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1897, S. 18—47.

[2]) Oefversigt af Sveriges mesoz. bildningar, 1888. — Vergl. auch Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1888, S. 725.

[3]) Dames, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1874, S. 761. — Schröder, ebend. 1882, S. 243. — Nötling, Paläont. Abh. 1885.

[4]) Palaeontogr. 1887—1889.

1. **Kreidemergel**, zuoberst mit Feuersteinen. *Gryphaea vesicularis*, *Crania ignabergensis* (71, 3) und andere Brachiopoden, *Nautilus* u. s. w.

Untersenon (mit *Actinoc. quadratus*).

2. **Grünsand** mit reicher Fauna (*Vola quadricostata*, *Baculites incurvatus*, *Pectunculus dux* u. s. w.). Zuunterst Geröllschicht.
1. **Aachener Sand** mit zahlreichen Pflanzenresten [1]) — insbesondere Kieselhölzern — grossen Austern, *Inocer. lobatus*, *Actaeonella*, *Pyrgulifera* u. s. w.

Als ein Zubehör der Aachener Kreide gelten auch gewisse, auf dem Plateau des Venn in mehr als 600 m Meereshöhe auftretende Feuer- und Hornsteinanhäufungen mit Seeigeln und anderen Kreidefossilien. Nach einer mündlichen Mittheilung E. Holzapfel's erscheint die Möglichkeit eines diluvialen Alters dieser Geröllablagerungen keineswegs ausgeschlossen.

Die Tuffkreide von Ciply im belgischen Hennegau erweist sich nach ihrer ganzen Fauna, die Baculiten, *Belemn. mucronata*, cretacische Brachiopoden (*Thecidium*, *Argiope*) und Seeigel (*Cidar. Faujasi* und *Hardouini*) enthält, als ein Aequivalent der Mastrichter Schichten. Zu ihrer in neuester Zeit von belgischer Seite vorgeschlagenen Versetzung ins älteste Tertiär liegen keine ausreichenden Gründe vor.

Die obere Kreide **Nordfrankreichs** schliesst sich nahe an die der baltischen Region an. Mit Ausnahme des tiefsten Cenoman, das aus kalkig-sandigen glaukonitischen Schichten zu bestehen pflegt, baut sich die ganze Schichtenfolge aus mergeligen Bildungen und aus Schreibkreide auf, die oft schon vom oberen Turon an herrschend wird.

Das Cenoman gliedert sich vielfach deutlich in Tourtia (mit *Pect. asper* etc.) und darüber in Varians- und Rotomagensis-Schichten.

Das Turon wird jetzt vielfach in Unterturon oder Ligérien und Oberturon oder Angoumien zerlegt, deren Abgrenzung gegen einander indess wenig scharf zu sein scheint, da Formen wie *Amm. peramplus* aus beiden Stufen angegeben werden.

Das Angoumien beginnt hier und da mit der tiefsten Turonzone Westfalens, d. h. den Schichten mit *Actinoc. plenus*. Darüber folgen Labiatus-Schichten mit *Inocer. labiatus* und *Echinoconus subrotundatus*, dann eine „assise à *Micraster breviporus*“, die im Département Yonne von unten nach oben aus der Brongniarti-Zone, aus Schichten mit *Spondyl. spinosus* und aus solchen mit *Scaphites Geinitzi* und *Prionotr. peramplus* besteht [2]).

Der Emscher giebt sich vielorts durch leitende Versteinerungen zu erkennen. So im Pariser Becken durch *Inocer. involutus*, im Départe-

---

[1]) Eine Aufzählung dieser Pflanzen nach Debey und v. Ettingshausen findet sich in v. Dechen, Erläut. z. geol. Karte d. Rheinprov. etc. II, S. 427.

[2]) de Lapparent, Traité d. Géol. 4. édit., 1900, 1351.

ment Yonne durch *In. digitatus*, in der Liller Gegend durch dieselbe Art und *Mortonic. tridorsatum*. Im Loirebecken finden sich ausser dem genannten Ammoniten auch *Morton. serrato-marginatum = Emscheris* Schlüt., *Tissotia Ewaldi* u. a.; in den Charentes endlich *Morton. Margae* und *subtricarinatum*, Tissotien u. a.

Das Senon wird gewöhnlich in Santonien (im Wesentlichen entsprechend unserer Quadratenkreide), Campanien (= oberste Quadraten- und untere Mucronatenkreide) und Maestrichtien (obere Mucronatenkreide) zerlegt. Es beginnt vielfach mit der auch hier entwickelten Marsupitenzone. Darüber folgt Quadratenkreide mit *Micraster glyphus*, über dieser Mucronatenschichten, die bei Meudon (bei Paris) im oberen Theile *Scaphites spiniger*, *Ancyloceras*, *Terebr. carnea*, *Gryphaea vesicul.*, *Ananchyt. ovata*, Reste von *Mosasaurus*, kurz die Fauna der Mastrichter Schichten einschliessen.

Als Danien endlich werden zusammengefasst und den obersten Schichten der dänischen Kreide gleichgestellt gewisse nur örtlich in Vertiefungen der älteren cretacischen Schichten abgelagerte Bildungen. Hierher gehören der Baculitenkalk des Cotentin mit *Baculites anceps* u. s. w. und der Pisolithkalk von Meudon mit *Nautil. danicus*, *Cidaris Forchhammeri* u. a.

In **England**[1]) umfasst die obere Kreide den oberen Grünsand und die Schreibkreide, die hier dieselbe grosse Rolle spielt wie in Dänemark und Nordfrankreich.

Der obere Grünsand, das Cenoman, beginnt mit kalkig-glaukonitischen Schichten, die *Pecten asper* und *Exog. columba* einschliessen, während darüber kreidige Mergel mit *Amm. varians* und *rotomagensis* liegen.

Die dann folgende Schreibkreide wird in Turon und Senon eingetheilt, die eine ähnliche Gliederung und Fossilführung zeigen wie in Nordfrankreich. Im Londoner Becken sind besonders die Mucronatenschichten entwickelt, während die Quadratenschichten sehr zurücktreten. In Irland dagegen sind beide gleich gut vertreten. Aequivalente des Danien sind in England unbekannt.

Auch im **centralen Russland**, wo die obere Kreide eine riesige, von der Weichsel bis nach Orenburg reichende Verbreitung besitzt und örtlich (Bohrung bei Charkow) an 600 m Mächtigkeit erlangt, entspricht ihre Gliederung ganz der westeuropäischen. Das meist wenig mächtige Cenoman besteht aus Grünsanden mit *Schloenbachia varians* und anderen

[1]) Weitaus die wichtigste Arbeit über die obere Kreide Englands ist die Schrift von Ch. Barrois: Recherches s. l. terr. crétacé supér. de l'Angleterre et de l'Irlande, 1876.



Leitfossilien; das Turon aus Kalken oder kreidigen Mergeln mit den bezeichnenden Inoceramen (*Brongniarti, Cuvieri*) u. s. w. *Inoc. involutus* könnte auf Emscher hinweisen; am verbreitetsten aber ist oberes Senon mit *Belemn. mucronata, Gryph. vesicularis, Terebr. carnea* u. s. w., das theils als Mergel, theils (Gouvernement Simbirsk, Charkow, Donjetzbecken) als Schreibkreide entwickelt ist. Zwischen Saratow und Simbirsk enthalten die allerobersten, kieselig-merglig-glaukonitischen Schichten der Kreide *Nautilus danicus* und sollen ganz allmählich in marines Paleocän (mit der Fauna der englischen Thanetsande) übergehen [1]).

Obere Kreidebildungen Südeuropas.

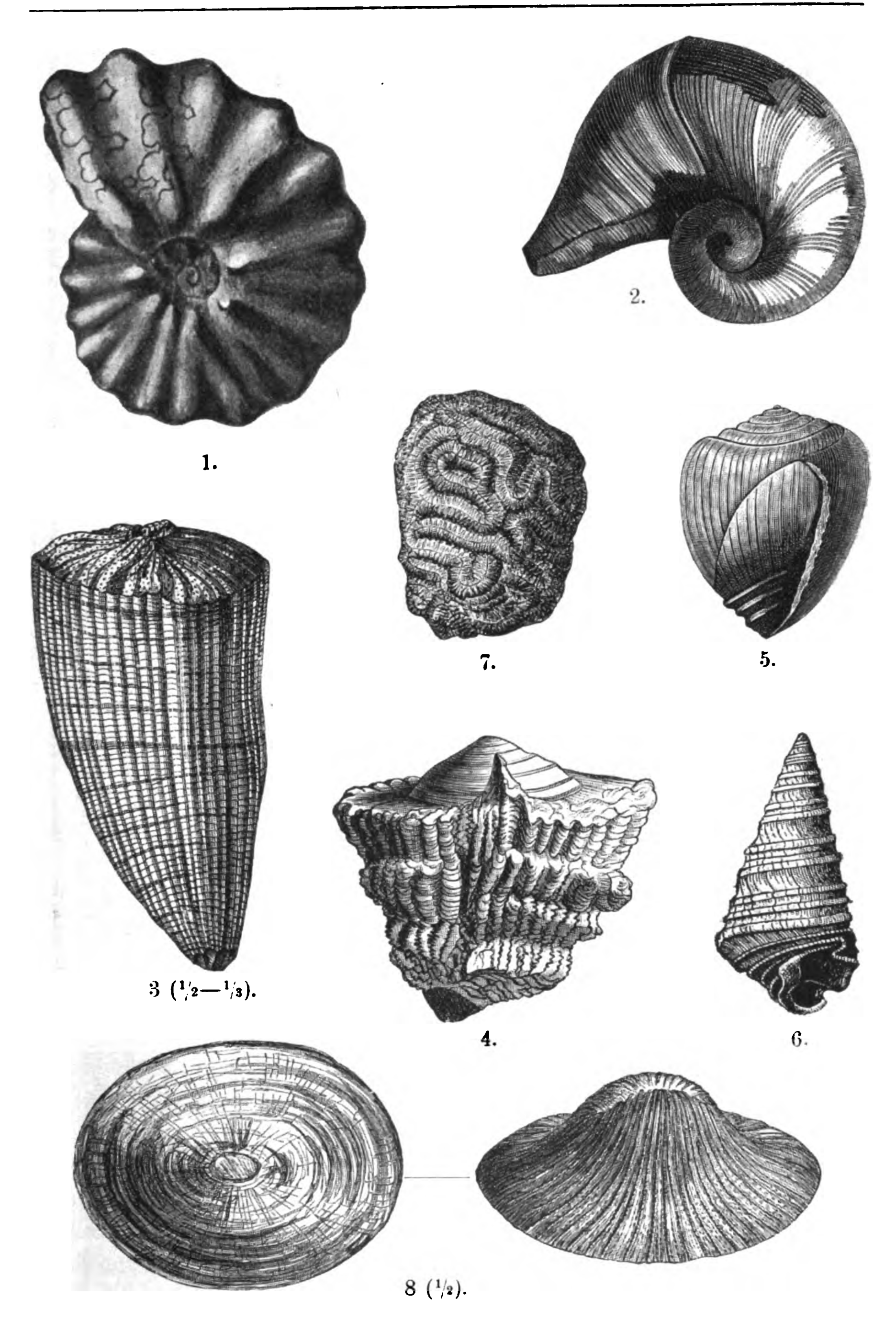
Für die südliche Ausbildung der oberen Kreide ist in erster Linie die ausserordentliche Entwickelung der Rudisten charakteristisch, deren dickschalige schwere Gehäuse in den Seichtwasserbildungen der ganzen äquatorialen Zone in Südeuropa ebenso wie in Nordafrika, Kleinasien, Indien, Mexico u. s. w. in grosser Masse, oft geradezu gesteinsbildend auftreten. Zu der in der unteren Kreide allein vorhandenen Gattung *Sphaerulites* (72, 4) gesellen sich jetzt noch die Geschlechter *Radiolites* und *Hippurites* (72, 3). Als weitere Charaktergestalten der oberen südlichen Kreide ist die Muschelgattung *Caprina* (*C. adversa* [72, 2], oberes Cenoman), die Ammonitengattung *Buchiceras* (72, 1), die Schneckengeschlechter *Actaeonella* (72, 5), *Glauconia* (72, 6) und *Nerinea* sowie die eigenthümliche Koralle *Cyclolites* (72, 8) zu nennen.

In den Westalpen sind ein wichtiges Glied der oberen Kreide die Seewenschichten, hellgraue fossilarme, dem Cenoman und Turon, vielleicht auch noch dem Senon angehörige Kalke und Mergel (*Amm. rotomagensis* u. a., bezeichnende Inoceramen). Daneben spielen Hippuritenkalke, die vielfach für sich allein die ganze obere Kreide zusammensetzen, eine grosse Rolle.

In den Ostalpen gehören der Oberkreide an die kalkig-mergeligen Gosaubildungen (nach der Gosau bei Hallstatt) mit zahlreichen Hippuriten (*organisans, cornu vaccinum*), Radioliten (*cornu pastoris*) und Sphäruliten, Nerineen, Actaeonellen, *Cyclolites* u. s. w. Etwa ein Viertel der reichen Fauna kommt auch ausserhalb der Alpen vor. Die tieferen Schichten gehören dem Turon an, die höheren dem Senon; *Amm. Margae* und *texanus* und einige andere Species weisen auch auf eine Vertretung des Emscher Mergels hin. Der bekannte schöne Marmorkalk des Untersberges bei Salzburg stellt nur eine besondere Ausbildungsform der Hip-

[1]) Führer z. d. Excurs. des intern. Geol.-Congr. Petersburg, XVI, 31; XX, 7, und mündl. Mittheilung des Herrn Prof. A. Pawlow.





Taf. 72. Versteinerungen der oberen südlichen Kreide. 1. ***Buchiceras syriacum*** v. Buch. 2. ***Caprina adversa*** d'Orb. 3. *Hippurites cornu vaccinum* Gf. 4. ***Sphaerulites angeiodes*** Lam. 5. *Actaeonella gigantea* Sow. 6. ***Glauconia Kefersteini*** Gf. 7. ***Leptoria Konincki*** Reuss. 8. *Cyclolites undulata* Lam.

Gliederung der Oberen Kreide in einigen Hauptgebieten Europas.

	Nordwestdeutschland		Dänemark	Nordfrankreich, Belgien, Holland		England	Südfrankreich, Alpen
Danien			Saltholmskalk Faxekalk mit *Naut. danicus*	Pisolithkalk v. Meudon mit *Naut. danicus*			G o s a u - B i l d u n g e n S e e w e n - S c h i c h t e n d e r N o r d a l p e n S c a g l i a d e r S ü d a l p e n F l y s c h (K a r p a t h e n s a n d s t e i n) H i p p u r i t e n k a l k e Caprinenkalk Orbitolinenkalk
Ober-senon (Campanien)	Zone der *Heteroc. polyplocum* = ob. " " *Amm. coesfeldensis* = unt.	Mucronatenkreide	Sch. m. *Bel. mucronata* Sch. m. *Actinoc. mammillatus* Schichten mit *Actinoc. quadratus*	Mastrichter Tuffkreide mit *Belemn. mucronata* Kreide von Epernay und Reims		Belemnitellen-schichten Quadraten-schichten	
	" " *Becksia Soekelandi*	Obere Quadrat.-kreide					
Unter-senon (Santonien)	Zone der *Scaph. binodos* " " *Pect. muricatus* " " *Marsupites ornat.*	Untere Quadrat.-kreide	Schichten mit *Actin. verus* und *Marsupites*	Kreide mit *Marsupites*		Schichten mit *Marsupit.* u. *Uintacrin.*	
Emscher	Stufe des *Amm. Margae* und des *Inocer. digitatus*			Sch. m. *A. trinodosus* u. *In. digitat.*	Schichten mit *Micrast. cor angu.*	Schichten mit *Micraster cor anguinum*	
Turon	Zone des *Inocer. Cuvieri* " " *Heteroc. Reussianum* " " *Inocer. Brongniarti* " " " *labiatus* " " *Actinoc. plenus*			Angoumien	Sch. m. *Micr. cor testudinarium*	Sch. m. *Micrast. cor testudinarium*	
				Ligérien	Sch. m. *Inoc. Brongn.* u. *labiatus*	Sch. m. *Inocer. labiatus*	
Cenoman	Zone des *Amm. rotomagensis* " " " *varians* " " *Pect. asper* (Tourtia).			*Rotomagensis*-Sch. *Varians*-Sch. Tourtia		*Rotomagensis*-Sch. *Varians*-Sch. Sch. m. *Pect. asper* u. *Exogyra columba*	

puritenkalke dar. In den bayerischen Alpen treten im Niveau des Cenoman, ähnlich wie schon in der unteren Abtheilung der südlichen Kreide, Orbitolinenschichten (mit *Orb. concava*) auf. An einigen Orten, wie bei Berchtesgaden, sind jungsenone Ablagerungen mit *Belemn. mucronata* nachgewiesen.

Eine letzte ostalpine Entwickelungsform wie der unteren, so auch der oberen Kreide bildet der schon früher (S. 418) erwähnte Flysch des Wiener Waldes und der Karpathen.

In den Südalpen besitzt neben Hippuritenkalken die sogen. Scaglia, weisse und röthliche mergelige dünnbankige Kalksteine mit *Inoceramus Cuvieri, Ananchytes ovata, Cardiaster italicus* u. s. w., namentlich in den lombardisch-venetianischen Alpen, eine grosse Verbreitung. Den altcretacischen Biancone bedeckend, greifen sie vielfach auf ältere Schichten über.

Eine sehr interessante jungcretacische, in Istrien, Krain und Dalmatien unmittelbar auf Rudistenkalken aufliegende, zum Theil kohlenführende Brack- und Süsswasserbildung (mit *Cyrena*, der Melanidengattung *Stomatopsis*, Characeenresten) stellen die sogen. Cosina-Schichten oder die Liburnische Stufe Stache's dar [1]). Uebrigens kommen ähnliche Süsswasserablagerungen mit *Unio, Melania, Helix, Auricula* u. s. w. auch als Einschaltungen in der oberen marinen Kreide bei Ajka im Bakony sowie in Portugal und in der Provence vor. Hier (bei Aix, Fuveau etc.) werden die fraglichen fluviolimnischen Ablagerungen bis 800 m mächtig, enthalten Braunkohlen und schliessen brackische Conchylien (Cyrenen, Melanien u. s. w.) ein.

Aussereuropäische Kreidebildungen.

Ueber diese können nur ganz kurze Mittheilungen gemacht werden.

Afrika. Die Formation hat hier einmal eine grosse Verbreitung im Norden, in Algerien und Tunesien. In Algerien ist sowohl Valanginien mit Hopliten, als auch Barrêmien mit *Desmoceras difficile, Macroscaphites, Silesites, Phylloceras, Pulchellia* etc. nachgewiesen; ebenso ist dort das Aptien mit *Monopleura, Toucasia* und Orbitolinen, in Tunesien auch mit *Hopl. Deshayesi* vertreten, während der Gault mit *Acanth. mammillare, Schloenbachia inflata, Belemn. minimus* bis 600 m mächtig wird. Von der Oberkreide sind im genannten Gebiete mit discordanter Auflagerung auf dem Gault Cenoman mit *Acanth. rotomagense*, Caprinen, Radioliten etc., ferner Turon, Emscher und Senon mit *Heteroc. polyplocum* und *Inocer. Cripsii* vertreten.

---

[1]) Abh. d. geol. Reichsanst. XIII, 1889.

Eine interessante, versteinerungsreiche Schreibkreideentwickelung des Senon mit *Ananchytes ovata* findet sich nach ZITTEL in der libyschen Wüste, unmittelbar unter dem Eocän [1]. In demselben Gebiet tritt als ältere Kreidebildung der sogen. nubische Sandstein auf, ein röthliches oder graues, fast nur Kieselhölzer einschliessendes Gestein, das bald der Unterkreide, bald dem Cenoman zugerechnet wird.

Auch auf der Insel Madagaskar ist die Kreide vortrefflich entwickelt. Auch hier sind besonders Gault *(Schloenbachia inflata, Acanth. mammill., Belemn. minimus),* Cenoman (*Ac. rotomag.*) und Senon (mit *Pachydiscus*-Arten) vertreten.

In Deutsch-Ostafrika ist ausser zweischalerreichem Neocom noch Cenoman mit *Exog. columba* und *Pect. quinquecost.* nachgewiesen [2].

In der Kapkolonie gehören die Uitenhage-Schichten mit *Belemn. africanus, Hamites, Olcostephanus,* Crioceren, Actaeonellen, vielen Trigonien dem Valanginien (?) an [3], während an der Westküste des Continentes Ablagerungen vom Alter des Aptien bekannt sind.

Asien. Hier finden wir ein ausgezeichnetes Kreidegebiet einmal in Kaukasien [4]. Berriasien und Valanginien sind dort noch nicht nachgewiesen, wohl aber die Hauterive- *(Toxast. complanat., Rhynch. multif.)* und Barrème-Stufe *(Crioc. Emerici).* Bei Wladikawkas treten auch lichte Toucasia-Kalke auf. Sehr gut ist ferner die Apt-Stufe *(Acanth. Martini, Hopl. Deshayesi, Ancyloc. Matheroni)* und der Gault (*Schloenb. inflata, Desmoc. Mayorian., Belemn. minim., Aucella* etc.) vertreten, und zwar mit entschieden südeuropäisch-alpinem Gepräge. Von oberer Kreide finden sich in derselben Gegend Cenoman *(Schloenb. varians, Acanth. rotom.)* und Senon *(Inoc. Cripsii, Belemn. mucronata),* das letzte auf beiden Seiten des Gebirges.

Ein anderes wichtiges Kreidegebiet bildet Südindien, wo namentlich die versteinerungsreichen Gebiete von Pondicherry und Trichonopoly durch Arbeiten von STOLICZKA, KOSSMAT [5] u. A. bekannt geworden sind. *Schloenb. inflata* und *Turril. Bergeri* weisen hier auf oberen Gault hin; besonders gut aber ist die Oberkreide entwickelt. Die Utaturgruppe *(Ac. rotomag.* und *Mantelli)* entspricht im Wesentlichen dem Cenoman, die Trichonopolygruppe dem Turon und Emscher, die Airyalurgruppe (zahlreiche *Pachydiscus*-Arten, *Baculites*) dem Senon und Danien *(Naut. danicus, Nerinea, Cyclolites).*

---

[1] Beitr. z. Geol. u. Paläont. d. libysch. Wüste. Palaeontogr. 1883.
[2] G. MÜLLER in BORNHARDT, Deutsch-Ostafrika, Bd. VII, 1900.
[3] HOLUB u. NEUMAYR, Denkschr. d. Akad. Wien. Wien 46, 1881, 267.
[4] ANTHULA, Beitr. z. Paläont. Oesterr.-Ung. XII, 1899.
[5] Beitr. z. Paläont. Oesterr.-Ung. Bd. IX u. XI, 1895, 1898.

In Kleinasien sind bei Heraclea über dem Kohlengebirge Requienien- und Toucasienkalke (Barrêmien) entwickelt.

In Syrien kennt man schon lange eine ausgezeichnete Entwickelung der Oberkreide. Nach Blanckenhorn[1]) beginnt sie mit einer Folge rother Sandsteine und Mergel, die vielfach dünne Kohlenflötze und Melaphyrtuffe enthalten und als Hauptleitfossil *Trigonia syriaca* einschliessen. Bl. stellt diese wohl dem „nubischen Sandstein" Nordafrikas, Arabiens u. s. w. entsprechenden Sandsteine ebenso wie die darüber folgenden Kalkmergel mit *Buchiceras syriacum* (72, 1) ins Cenoman. Darüber folgen mächtige Rudistenkalke, die — wie schon *Acanth. rotomag.* beweist — dem Turon angehören. Auf Emscher weisen *Morton. texanum* und *tricarinatum* hin, während das Senon aus Kalkmergeln und Feuersteinkreide besteht. Ihm gehören auch die bekannten fischreichen Plattenkalke von Sâhel Alma und Hakel im Libanon an.

Von anderen asiatischen Kreidevorkommen seien nur noch der Gault von Borneo mit der weltweit verbreiteten *Schloenb. inflata*, das Cenoman von Sachalin und Japan und das zum Theil über grosse Gebiete ausgedehnte, überall besonders durch zahlreiche grosse Pachydiscen ausgezeichnete Senon von Borneo, Hindostan, Japan und Sachalin genannt.

Nordamerika. Die Kreide ist hier sowohl in der atlantischen Küstenregion, in New-York, New-Jersey u. s. w., als auch in den Staaten Alabama, Mississippi, Tennessee u. s. w., vor allem aber im Westen des Mississippi entwickelt, woselbst sie fast den ganzen ungeheuren Raum bis zum Felsengebirge einnimmt. Wie schon früher hervorgehoben, macht sich in Nordamerika ein ähnlicher Gegensatz zwischen nördlicher und südlicher Kreideausbildung geltend wie in Europa. Auf Jamaika, in Mexiko, Texas und Südcalifornien treten Rudisten, Requienien, Nerineen, *Buchiceras* und andere bezeichnende Formen der cretacischen Aequatorialregion auf, während weiter nördlich eine der mitteleuropäischen entsprechende Entwickelung herrscht. Besonders bemerkenswerth ist in dieser Hinsicht die Belemnitenkreide von New-Jersey mit *Bel. mucronata* und zahlreichen anderen mit denen unserer Gegenden übereinstimmenden Arten.

Nach White[2]), dem wir eine zusammenfassende Arbeit über die nordamerikanische Kreide verdanken, Hill[3]) u. A.[4]) kann man die cretacischen Ablagerungen der Vereinigten Staaten, insbesondere von Texas und den angrenzenden centralen Staaten, in folgende Hauptgruppen gliedern:

[1]) Beitr. z. Geol. Syriens. Entwickelung des Kreidesystems. Cassel 1890.
[2]) Correlation papers: Cretaceous. Bull. U. St. Geol. Surv. Nr. 82, 1891.
[3]) Geol. of parts of Texas, Indian Terr. etc. Bull. Geol. Soc. Am. V, 1894.
[4]) Vergl. J. Dana, Manual of Geol. 4. edit., 1895, S. 815.

Amerikan. Bezeichnungen	**Ungef. europ. Aequiv.**
Laramie Group	Danien
Montana Group	Senon
Niobara Group	Emscher
Colorado Group	Turon
Dakota Group	Cenoman
Washita Group	Gault
Frederiksburg Group	Aptien
Trinity Group bezw. Potomac	Neocom

Eine interessante, der Trinitygruppe angehörige Schichtenfolge sind die discordant über oberem Jura liegenden und concordant von ammonitenführendem Gault (sogen. Horsetown-Sch.) bedeckten Knoxvilleschichten Californiens mit zahlreichen russischen Aucellen (*crassicollis* u. a.), *Olcosteph.* aff. *discofalcatus* Lahus. und *Hopl.* aff. *noricus*.

Eine andere besonders bemerkenswerthe Bildung ist die sogen. Potomacformation von Maryland und Virginia, eine überwiegend sandige, zahlreiche grosse Treibholzstücke einschliessende Deltaablagerung. Sie enthält keine marinen Organismen, aber massenhafte Pflanzenreste, und zwar nicht nur Equiseten, Farne, Cycadeen *(Dioonites)* und Coniferen *(Baiera)*, sondern auch eine ganze Reihe von Laubhölzern (*Quercophyllum*, *Saliciph.*, *Populoph.*, *Ulmiph.*, *Aceriph.*, *Platanoph.*, *Ficoph.*, *Proteaeph.* etc.), die als die ältesten ihrer Art ein grosses Interesse beanspruchen dürfen. Fontaine, der Monograph dieser Flora [1]), hält sie für gleichalterig mit unserem Wealden, mit dem sie auch eine ansehnliche Zahl von Arten gemein hat. Dieses Alter ist um so wahrscheinlicher, als neue Untersuchungen gelehrt haben, dass alle Laubhölzer führenden Schichten durch eine Discordanz von den sie unterlagernden, vermuthlich oberjurassischen, Dinosaurier einschliessenden Ablagerungen getrennt sind [2]).

Nicht weniger bemerkenswerth ist eine andere Süsswasserbildung, die Laramie beds. Es ist das eine sich am Ostabhange des Felsengebirgs von Mexico bis nach Canada erstreckende, zwischen die marine Kreide und das Tertiär eingeschobene, 1000—2000 m mächtige, braunkohlenführende Schichtenfolge, die ausser Pflanzen- und Süsswasserconchylien *(Unio, Limnaeus, Sphaerium)* besonders Reste von Säugethieren und Dinosauriern enthält. Unter diesen letzten sind namentlich die in Wyoming und Montana entdeckten vollständigen Skelete von Triceratopsiden berühmt geworden.

---

[1]) W. M. Fontaine, The Potomac or younger mesozoic flora. Monogr. of the United States Geol. Survey, vol. XV, 1889. — Derselbe, Potomac-Formation. Bull. U. St. Geol. Surv. Nr. 145, 1896. Vergl. auch Ward, U. St. Geol. Surv. 15. ann. report 1893—1894.

[2]) W. B. Clark u. Bibbins, Journ. of Geol. V, 479, 1897.

Auch die nordamerikanische Kreide beherbergt manche europäische Art: so ausser der schon oben genannten *Belemn. mucronata* (New-Jersey) *Schloenb. inflata* (Gault Colorado's), *Mortonic. texanum* (Emscher von Texas) u. a. m.

Central- und Südamerika. In Mexico[1]) weisen Hopliten, Perisphincten und Olcostephanen in Begleitung der russischen *Aucella Pallasi* und *volgensis* in den Schiefern und Mergelsandsteinen von San Luis de Potosi auf Altneocom hin. Etwas jünger sind die *Monopleura*-Kalke von Tehuacan, Bustamente u. s. w., während die weitverbreiteten Kalke mit Sphäruliten und Radioliten wohl dem Aptien zufallen. Von obercretacischen Ablagerungen ist in Mexico wie in Californien besonders das Senon mit Baculiten und Pachydiscen gut entwickelt.

Auf Jamaika sind ausser flyschähnlichen Kreidegesteinen Kalke mit Gosaukorallen, Actaeonellen, Nerineen und Hippuriten bekannt.

Eine sehr ansehnliche Verbreitung hat die Kreide in Südamerika. In Venezuela, Columbia[2]), in Peru und Bolivia und noch weiter südlich findet sich namentlich Gault mit bezeichnenden Ammoniten (*Pulchellia, Acanthoc. Millet., Schloenbachia, Placentic. Uhligi* etc.) in grosser Ausdehnung und Mächtigkeit. Aptien mit *Acanth. Martini* ist bei Bogota (Columbia) bekannt[3]), Neocom mit *Crioc. Duvali* und *Exogyra Couloni* in Chile und an der Magellanstrasse. Von oberen Kreidebildungen seien hier nur die senonen, unmittelbar auf paläozoischen Gesteinen aufliegenden Schichten mit *Mosasaurus* von Erere im Amazonasthale, sowie die gleichalterigen Ablagerungen der südchilenischen Insel Quiriquina mit *Pachydiscus, Phylloc., Lytoc., Hamites* und *Baculites* erwähnt[4]).

Australien. Von älteren Kreidebildungen seien nur die sogen. Rolling down beds von Queensland genannt, mürbe Sandsteine und Schiefer mit Inoceramen, Belemniten und Crioceren sowie Resten von *Ichthyosaurus, Plesiosaurus* und Fischen. Auch auf Neuseeland scheinen neocome Schichten vertreten zu sein; sichergestellt ist dort das Vorkommen von Senon.

Paläontologischer Charakter der Kreideformation.

Die Flora der unteren Kreide besteht, ebenso wie die ihr sehr ähnliche jurassische Flora, ganz vorherrschend aus Cycadeen, Coniferen

[1]) Hill, Cretac. form. of Mexico. Amer. Journ. Sc. 35, 45, 1893.

[2]) Steinmann, Beitr. z. Kenntn. d. Kreideform. v. Venezuela u. Columbien. N. Jahrb. f. Min. Beilageb. XI, 1897.

[3]) Kossmat, Mitth. d. paläont. Institut, 1897.

[4]) G. Steinmann, N. Jahrb. f. Min. Beilageb. X, 1895.

und Farnen, während — wie die reichen Pflanzenanhäufungen im Wealden, in den Wernsdorfer Schichten u. s. w. lehren — angiosperme Dicotylen oder Laubhölzer damals in Europa noch so gut wie gänzlich fehlten. Erst in der oberen Kreide tritt ein vollständiger Umschwung ein, indem mit ihrem Beginn in ganz Europa plötzlich massenhafte Laubhölzer erscheinen. Bei Aachen, Haldem (Westfalen), Blankenburg, Niederschöna (Sachsen), Moletein (Mähren), überall sind sie das herrschende Florenelement, gegen welches namentlich die bis dahin so wichtigen Cycadeen erheblich zurücktreten. Neben manchen erloschenen Angiospermengattungen, wie *Credneria* (71, 6), treffen wir viele noch jetzt lebenden Formen (*Salix, Populus, Aralia, Ficus* u. s. w.) nahestehende Gattungen.

Anders verhält es sich in Nordamerika, wo, wie oben mitgetheilt, die altcretacischen Potomacschichten bereits eine reiche Angiospermenflora enthalten. Auch im Innern des Continentes haben sich in Ablagerungen der unteren Kreide Reste von Laubhölzern gefunden. Darnach scheint es, dass Nordamerika die Heimath dieses Hauptbestandtheils der heutigen Flora darstellt, und dass die fraglichen Formen dort schon zu Anfang der Kreideperiode in grösserer Verbreitung vorhanden waren. Wie einige ältere Literaturangaben beweisen, hatten sie bereits in der älteren Kreidezeit vereinzelt auch in anderen Gebieten, wie in Grönland (Kome), auf Spitzbergen und in Portugal (Almargen), Fuss gefasst; als herrschendes Element der Flora aber finden wir sie auf der ganzen Erde erst von der jüngeren Kreidezeit an.

Was die Fauna, und zwar zunächst die niedersten Thiere betrifft, so wäre hier einmal auf den grossen Antheil hinzuweisen, den Foraminiferen an der Zusammensetzung mancher Kreidegesteine nehmen; so namentlich *Globigerina* und andere an der der weissen Kreide und Orbitolinen an derjenigen der nach ihnen benannten alpinen Schichten.

Sodann wäre die cretacische Spongien-Fauna als so reich wie kaum eine andere zu erwähnen. Dies gilt sowohl für die Kalkschwämme als auch für die Kieselschwämme, von denen namentlich die Hexactinelliden und Lithistiden in der oberen Kreide den Höhepunkt ihrer Entwickelung erreichen. Als eine besonders ausgezeichnete Charaktergestalt der oberen (Coeloptychien-) Kreide sei die Hexactinellidengattung *Coeloptychium* (70, 6) genannt.

Die Korallen bieten im Allgemeinen wenig Eigenthümliches. Grössere Anhäufungen zusammengesetzter, riffbildender Formen finden sich nur in der cretacischen Aequatorialzone (wie besonders in den Gosaubildungen), während ausserhalb dieser nur Einzelformen — so in der Schreibkreide besonders *Caryophyllia* — anzutreffen sind.

Unter den Echinodermen treten die Crinoiden — einer der wichtigsten Typen unter ihnen ist die stiellose Gattung *Marsupites* (68, 4)

— und Asteroideen sehr zurück gegen die sich zu ausserordentlichem Formenreichthum entwickelnden Echinoiden. Unter den regulären Seeigeln setzen die Gattungen *Cidaris*, *Acrocidaris* u. a. als wichtige Gestalten aus dem Jura auch in die Kreide fort, wo sie, ähnlich wie die kleine neu hinzutretende Gattung *Salenia* (**69**, 4), namentlich in der Schreibkreide verbreitet sind. Besonders wichtig aber sind durch ihre grosse Häufigkeit die irregulären oder symmetrischen Seeigel und unter ihnen wieder namentlich die durch ihren mehr oder weniger ausgesprochen herzförmigen Umriss ausgezeichneten Spatangiden. In der unteren Kreide gehört dazu die Gattung *Toxaster* (*complanatus* [**59**, 4] im Neocom), in der oberen *Holaster*, *Ananchytes* = *Echinocorys* (*ovata* [**69**, 3], sehr gemein im Senon), *Hemipneustes*, *Cardiaster*, *Infulaster*, *Epiaster* und besonders *Micraster* (*cor anguinum*, *cor testudinarium* [**69**, 2], *glyphus* u. a. im Turon und Senon). Von sonstigen Irregulären seien als besonders wichtig genannt *Galerites* = *Echinoconus* (*albogalerus* [**67**, 7] *vulgaris* u. a., häufig im Turon und Senon) und *Discoidea* (*cylindrica* [**65**, 4] im Cenoman).

Die Bryozoen entfalten besonders in der Schreibkreide, aber auch bei Mastricht, im Essener Grünsande und anderweitig einen grossen Reichthum.

Die Brachiopoden sind im Ganzen denen der jüngeren Jurabildungen ähnlich. *Terebratula* und *Rhynchonella* sind auch hier am wichtigsten. Durch grösseren Artenreichthum als in irgend einer anderen Formation ist in den jüngsten Kreideablagerungen die alte Gattung *Crania* (**71**, 3) ausgezeichnet. Verhältnissmässig häufig sind auch *Argiope* und *Thecidium* (**71**, 4), der Kreide eigenthümlich endlich die extrem langschnäbelige Gattung *Lyra*, der *Orthis*-ähnliche *Trigonosemus* u. a.

Unter den Conchiferen seien als charakteristisch genannt grosse Austern, namentlich Gryphaeen (*vesicularis* [**70**, 4] Senon) und Exogyren (*Couloni* [**58**, 6] Neocom, *columba* [**66**, 1] Cenoman), sodann unter den Pectiniden die durch starke Ungleichklappigkeit und Radialrippung ausgezeichnete Gattung *Vola* oder *Neithea* (*quinquecostata* [**68**, 5] obere Kreide), ferner *Inoceramus* mit vielen Leitarten. Auch *Trigonia* [**68**, 6] ist noch eine wichtige Gestalt. Vor allen anderen Formen aber sind als cretacische Leitgestalten ersten Ranges zu nennen die eigenthümlichen, ganz auf die Kreide beschränkten Rudisten (*Hippurites* [**72**, 3], *Radiolites*, *Sphaerulites* [**72**, 4] — die beiden ersten nur in der oberen, die letzte auch in der unteren Kreide —) mit ihren oft mehrere Fuss lang werdenden, dickschaligen, gedeckelten Trichtern ähnlichen Gehäusen. Auch die merkwürdige, widderhornartige *Requienia* (*ammonia* [**64**, 2] u. a. in der unteren Kreide), *Caprina* (**72**, 2), *Monopleura*

(**64**, 1) und andere zur Familie der *Chamidae* gehörige Gattungen gehören ausschliesslich der Kreide an.

Unter den Gastropoden wären die Geschlechter *Actaeonella* (**72**, 5) — dicke, *Conus*-ähnliche, aber mit Spindelfalten versehene Formen — und *Glauconia* oder *Omphalia* (**72**, 6) als charakteristische Erscheinungen der Aequatorialregion — aber gleich den Rudisten vereinzelt auch in Mitteleuropa vorhanden — namhaft zu machen. In den jüngsten Kreideschichten treten eine Anzahl von Gattungen, wie *Cypraea, Conus, Voluta, Fusus, Mitra, Murex* u. a. auf, die diesen Ablagerungen bereits ein tertiäres Gepräge verleihen.

Viel wichtiger als die Schnecken sind für die Kreide die Cephalopoden. Wir finden hier die zeitlich letzten Ammoniten und — abgesehen von Indien — auch die letzten Belemniten. Die ersten zeichnen sich namentlich durch die grosse Menge der sogen. Nebenformen, d. h. Formen mit freien Windungen (*Crioceras* [**64**, 3; **61**, 1—4]) oder mit haken-, stab- oder schneckenförmigem (*Hamites* [**63**, 4] u. a., *Baculites* [**70**, 3], *Turrilites* [**63**, 3] und verwandte) oder sonst abweichend gebautem Gehäuse (*Scaphites* [**67**, 2]) aus. Unter den regelmässig gebauten Gattungen sind am wichtigsten *Hoplites* ([**59**, 2; **60**, 2; **62**, 1; **63**, 2] untere Kreide, reich verzierte, ziemlich stark involute Gehäuse mit mehrfach gespaltenen Rippen und Rückenfurche), *Haploceras* und *Desmoceras* (untere Kreide, glatte Gehäuse mit gerundeten Umgängen; bei *Desm.* Einschnürungen wesentlich), *Olcostephanus* ([**59**, 3], ähnlich dem jurassischen *Stephanoceras*, aber mit zahlreicheren Theilrippen auf dem Rücken), *Acanthoceras* ([**62**, 3 u. 5; **63**, 1] untere und obere Kreide, kantige, dicke Gehäuse mit steifen, vielfach geknoteten Rippen), *Schloenbachia* ([**65**, 2] untere und obere Kreide, mit scharfem Kiel und kräftigen, gespaltenen und geknoteten Rippen), *Mortoniceras* und *Buchiceras* ([**72**, 1] nur obere Kreide der Aequatorialregion, scheibenförmige Gestalten mit ceratitischer Lobenlinie), *Pachydiscus* ([**67**, 1] Turon, Senon, sehr grosse, aufgeblähte Gehäuse). In der unteren, ja zum Theil noch in der oberen Kreide südlicher Gegenden sind auch die auffallend langlebigen Gattungen *Phylloceras* und *Lytoceras* noch in ziemlicher Anzahl vorhanden.

Unter den Belemniten sind für die untere südliche Kreide die abgeplatteten Formen (Gatt. *Duvalia* [**64**, 6]) charakteristisch, für die nordische Kreide Formen aus der Gruppe der *Absoluti* (ausgezeichnet durch ihren Siphonalkanal) und *Excentrici* (mit stark excentrischer Alveole). In der oberen Kreide tritt statt der ächten Belemniten die Gattung *Belemnitella* (*mucronata* [**70**, 1], weit verbreitetes Leitfossil der jüngsten Kreideschichten) und deren Subgenus *Actinocamax* (*quadratus* [**69**, 1] in der senonen „Quadraten"-Kreide) u. a. auf.

Mit zahlreichen zum Theil sehr gross werdenden Arten ist auch die Gattung *Nautilus*, zumal in der oberen Kreide (*N. danicus* [71, 1] im sogen. Danien) vertreten.

Bei den Crustaceen ist besonders die stärkere Entwickelung der brachyuren Decapoden (*Dromiopsis* u. a.) neben den macruren — unter diesen ist besonders häufig *Calianassa* — bemerkenswerth.

Zu den Wirbelthieren übergehend sehen wir, dass unter den Fischen die in der Trias und im Jura noch spärlichen Teleostier (Knochenfische) hier, und zwar besonders mit Beginn der oberen Kreide zum ersten Male in grosser Häufigkeit und Mannigfaltigkeit auftreten. Einige besonders wichtige Fundorte in Westfalen und am Libanon wurden oben genannt.

Unter den Reptilien treffen wir in der Kreide die letzten Ichthyosaurier, Plesiosaurier und Pterosaurier, welch' letzte in der Kreide von Kansas in Nordamerika durch eine zahnlose Riesenform von 8 m

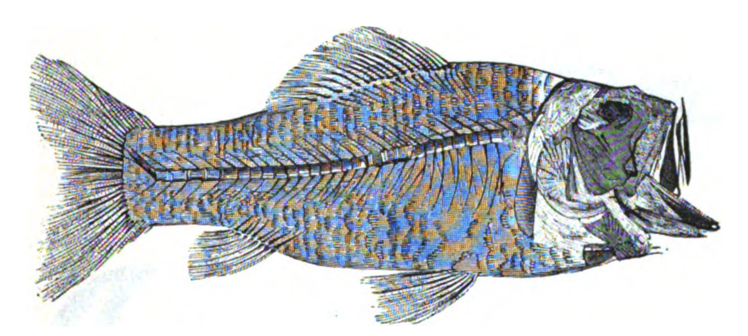


Fig. 81. *Sardinioides Monasteri* v. d. Marck (1/12 n. Gr.). Obersenon von Sendenhorst in Westfalen.

Flügelspannweite *(Pteranodon)* vertreten waren. Neben ihnen waren auch Schildkröten und Krokodilier — unter diesen ist *Goniopholis* eine charakteristische Gestalt — reichlich und zum Theil durch eigenthümliche Typen vertreten. Sehr eigenartige Reptilien der Kreidezeit waren ferner die riesigen, mit den lebenden Warnechsen oder Varaniden verwandten Mosasauriden, die unter den Echsen eine ähnliche Stellung einnehmen wie die Pinnipedier unter den Carnivoren. Es waren ganz dem Wasserleben angepasste Formen mit langgestrecktem schlangenähnlichem Körper, langem schmalem kräftig bezahntem Schädel und breiten schaufelförmigen Schwimmfüssen. Ihre Reste befinden sich besonders zahlreich in der Kreide von Kansas. Von europäischen Formen gehört dazu namentlich der bekannte gewaltige *Mosasaurus* aus der Tuffkreide von Mastricht. Nordamerikanische Arten dieser Gattung sollen bis 20 m Länge erreichen.

Eine andere, nicht minder interessante, gleichfalls völlig erloschene, in der Kreide ihre reichste Entwickelung entfaltende Reptilordnung, die Dinosauria, war namentlich durch die Gattung *Iguanodon* (57, 1)

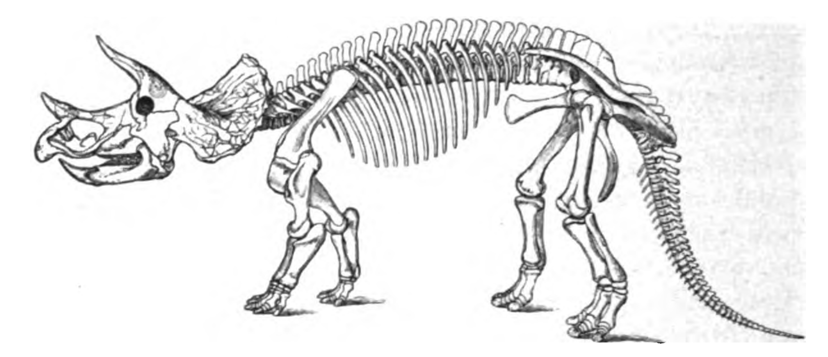


Fig. 82. *Triceratops prorsus* Marsh. Etwa $^1/_{70}$ n. Gr. Laramie beds von Montana. (Nach Marsh.)

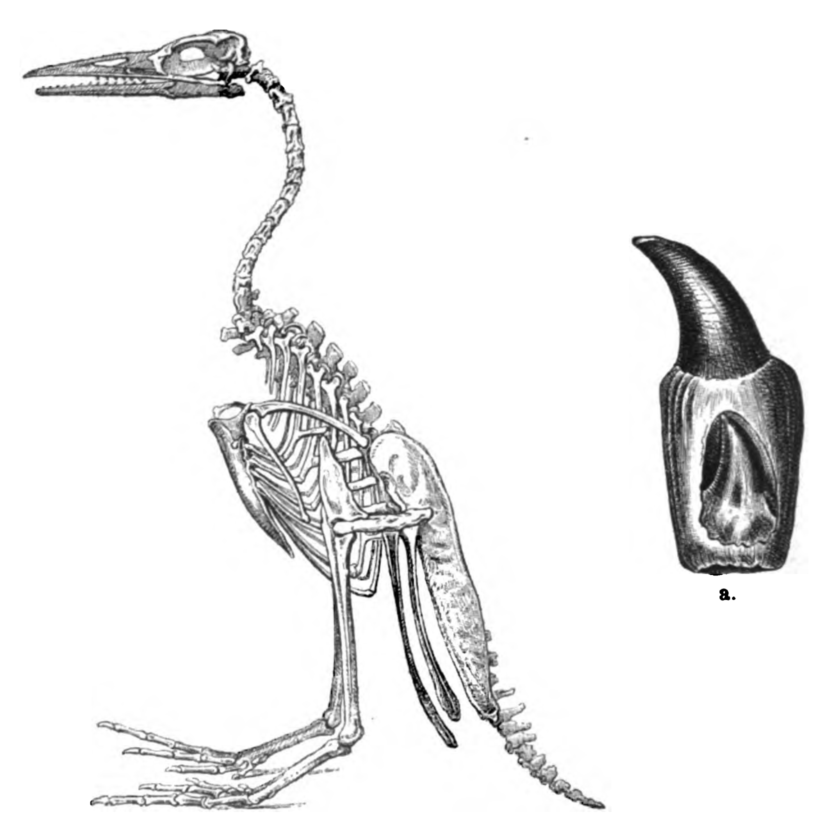


Fig. 83. *Hesperornis regalis* Marsh, restaurirt, in $^1/_9$ n. Gr. (Nach Marsh.)
a. Zahn desselben Vogels mit jungem Ersatzzahne in etwa 5facher Vergrösserung.

vertreten. Lange nur in unvollständigen Resten aus dem englischen und deutschen Wealden bekannt, ist die Gattung in neuerer Zeit bei Bernissart in Belgien in zahlreichen vollständigen Skeleten aufgefunden worden[1]). Sehr charakteristisch sind ihre spatelförmigen zweischneidigen Zähne mit schräger Kaufläche und gezackten Rändern.

Derselben Ordnung gehören auch die abenteuerlichen Ceratopsiden an, deren Reste hauptsächlich in den amerikanischen Laramie beds, ver-

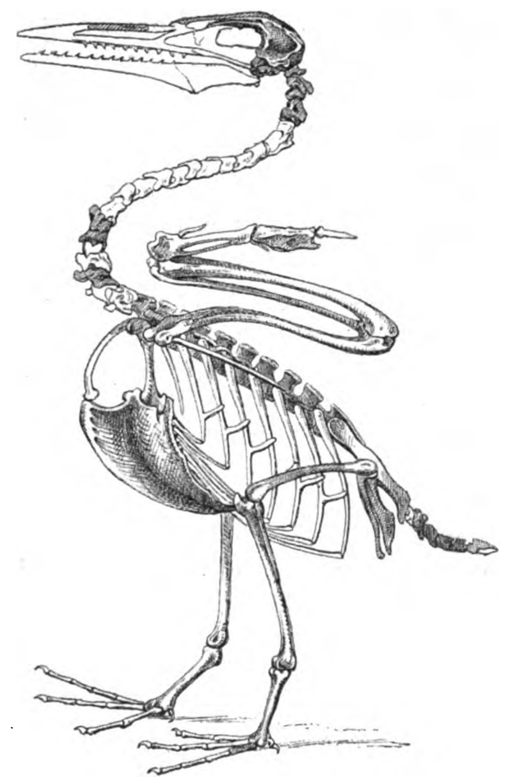


Fig. 84. *Ichthyornis victor* Marsh, restaurirt, in nicht ganz ⅓ n. Gr. (Nach Marsh.)

einzelt auch in den Gosaubildungen der Gegend von Wien vorkommen. Es waren riesige Pflanzenfresser mit langen aufrechten Hörnern auf dem Schädeldache — die Hauptgattung *Triceratops* (Fig. 82) trug deren zwei längere paarige auf der Stirn und ein kürzeres medianes auf der Nase —, einem höchst merkwürdigen (aus einer randlichen Verbreiterung der Parietalia hervorgehenden), den Hals bedeckenden Knochenkragen, einem scharfen hornigen Schnabel und zweiwurzeligen Zähnen.

[1]) Dollo, Bull. Musée roy. d'hist. nat. de Belgique, 1882, 1883.

Auch im Uebrigen scheint der Körper dieser sonderbaren Thiere durch Knochenplatten und Dornen geschützt gewesen zu sein.

Eine letzte Merkwürdigkeit der cretacischen Wirbelthierfauna bilden die bezahnten, von Marsh als Odontornithen beschriebenen[1]) Vögel aus der oberen Kreide von Kansas. Mit der jurassischen *Archaeopteryx* theilten sie die bezahnten Kiefer und biconcaven Wirbel. Bei der einen Hauptgattung, der storchgrossen *Hesperornis* (Fig. 83), standen die Zähne in einer gemeinsamen Rinne. Die verkümmerten Vorderextremitäten bestanden nur aus einem kurzen Humerusstummel, während die kräftigen Hinterbeine mit Schwimmfüssen versehen waren. Bei der anderen Hauptgattung, der etwa mövengrossen *Ichthyornis* (Fig. 84), standen die Zähne (wie bei den Reptilien) in einzelnen Gruben. Sie war mit einem grossen gekielten Brustbein und pneumatischen Knochen ausgestattet und besass wohlentwickelte Vorderextremitäten und Flugscharbein.

Säugethierreste (Kiefertheile und Zähne) haben sich in der Kreide in einiger Häufigkeit bisher nur in den Laramie beds gefunden. Nach Osborn erinnern diese Reste schon sehr an solche der alttertiären Puerco beds Nordamerikas. Mehrere Gattungen von Multituberculaten des Puerco, wie *Chirox* und *Ptilodus*, kommen schon im Laramie vor. Auch war bereits eine Anzahl von Trituberculaten vorhanden, die sich wohl zum Theil als Creodonten, d. h. als primitive Raubthiere, zum Theil sogar als Condylarthren, d. h. als primitive Hufthiere erweisen dürften.

---

[1]) Odontornithes, a monograph of the extinct toothed birds of North America. Report geol. explorat. of the 40. parallel. vol. VII, 1880.

V. Neozoische Formationsgruppe.

Die neo- oder cänozoische Formationsgruppe umfasst die Gesammtheit derjenigen Gesteinsbildungen, die erst nach Ablagerung der Kreide entstanden, dem jüngsten Abschnitte der Erdgeschichte, deren Neuzeit angehören. Die Ablagerungen dieses langen Zeitraumes werden allgemein in zwei grosse Systeme zerlegt, nämlich in ein älteres, die Tertiärformation, und ein jüngeres, die Quartärformation.

Die Grenze der neozoischen Formationsgruppe gegen die mesozoische ist fast überall von grosser Schärfe. Ja man kann sagen, dass kaum ein anderer in der Erdgeschichte zu machender Schnitt so bedeutend und naturgemäss ist wie der zwischen Kreide und Tertiär. Dies hängt damit zusammen, dass an der Scheide zwischen beiden Formationen so grosse und allgemeine Aenderungen sowohl in der Vertheilung von Wasser und Land als auch in der Entwickelung des organischen Lebens eintraten, wie kaum zu einer anderen Zeit der geologischen Geschichte. Hand in Hand mit grossartigen sich damals abspielenden Bodenbewegungen ging das Hervortreten ungeheuerer Massen von Eruptivgesteinen, deren Häufigkeit und Verbreitung im Tertiär in grellem Gegensatze zu ihrer fast völligen Abwesenheit im ganzen Mesozoicum steht. Gleich denen der Jetztzeit haben diese Eruptivgesteine nebst den sie begleitenden Tuffen ihren Ausgang in den meisten Fällen von Vulkanen und Krateren genommen, und auch in petrographischer Beziehung sind die Trachyte, Rhyolithe, Andesite, Basalte und sonstigen Eruptivgesteine der neozoischen Zeit von denen der Gegenwart nicht verschieden.

Die Sedimente der fraglichen Periode unterscheiden sich von denen der älteren Formationen durch ihre in der Regel lockere, wenig verfestigte Beschaffenheit. Nur im älteren Tertiär finden sich in manchen Gebieten noch harte, denen älterer Perioden ähnliche Kalke, quarzitische Gesteine und Schiefer; im Uebrigen aber pflegen mürbe, leicht zerbröckelnde Kalke, Mergel, Thone, Sande und Conglomerate die herrschenden Gebilde zu sein. Hervorzuheben ist auch, dass in grösserer Meerestiefe entstandene Ablagerungen, eigentliche Tiefseebildungen, die

den Tiefseeschlammen unserer heutigen Meere vergleichbar wären, unter den neozoischen Ablagerungen nur ganz vereinzelt vorkommen[1]). Die neozoischen Sedimente stellen vielmehr ganz überwiegend Flachmeer- oder gar Strandbildungen dar. Neben diesen Meeresabsätzen aber spielen von Beginn der Tertiärzeit an brackische, limnische, fluviatile und selbst äolische oder glaciale Festlandsbildungen eine bedeutende Rolle.

Die Lagerung der neozoischen Schichten ist im Allgemeinen eine noch ungestörtere als die der mesozoischen Gesteine. In der Regel liegen sie noch jetzt mehr oder minder wagerecht; nur die am Aufbau der jungen Faltengebirge theilnehmenden Schichten machen davon eine Ausnahme.

In paläontologischer Beziehung sind die Ablagerungen des letzten grossen geologischen Zeitalters durch das mehr oder weniger vollständige Fehlen der noch in der Kreide reichlich vorhandenen Mosasaurier, Ichthyosaurier, Dinosaurier, Pterosaurier u. s. w., der Ammoniten und Belemniten, der Rudisten, Inoceramen, Trigonien u. s. w., ferner durch das erhebliche Zurücktreten der Brachiopoden gegen die sich jetzt reich entfaltenden sinupalliaten Muscheln und siphonostomen Schnecken, durch das starke Vortreten der kurzschwänzigen Decapoden und Knochenfische, durch die Entwickelung von Schlangen und normalen Vögeln, vor allem aber durch das fast plötzliche massenhafte Erscheinen von placentalen Säugethieren ausgezeichnet. Dazu kommt endlich im Quartär noch der Mensch.

Die neozoische Flora besteht überwiegend aus angiospermen Dicotylen und Monocotylen und gehört dem dritten und letzten grossen Vegetationsreiche Ad. Brongniart's, dem der Angiospermen an.

A. Tertiärformation.

Allgemeines und Geschichtliches.

Die Tertiärformation stellt in ihrer Gesammtheit eine sehr mächtige, über alle Kontinente und Zonen verbreitete, aber im Einzelnen petrographisch und paläontologisch sehr verschieden entwickelte Schichtenreihe dar. Dass unter den ihr zugehörigen Ablagerungen eigentliche küstenferne Tiefseebildungen so gut wie gänzlich fehlen, dass vielmehr die grosse Masse der Tertiärschichten Küsten- und Flachmeergebilde darstellen, ist bereits oben erwähnt worden. Ebenso wurde auch schon auf den fast

[1]) Auf Barbados und anderen Karaïbischen Inseln sowie in Marokko, Oran und Tripolis sind tertiäre Kalkmergel bekannt, die in jeder Beziehung unserem jetzigen Globigerinenschlamm ähnlich, aller Wahrscheinlichkeit nach in mehrere tausend Meter Tiefe abgelagert worden sind (Qu. J. Geol. Soc. Lond. 1893, S. 102).



in allen grösseren Tertiärgebieten zu beobachtenden vielfältigen Wechsel von marinen mit Brack- und Süsswasserabsätzen hingewiesen. Diese sehr charakteristische Erscheinung erklärt sich gewiss in vielen Fällen aus der grossen Häufigkeit von kleineren und grösseren Bodenbewegungen während der Tertiärzeit. Ein und derselbe Theil der Erdoberfläche war während eines Abschnittes dieser Periode Meeresgrund und wurde mit marinen Sedimenten bedeckt, während des nächstfolgenden aber wieder Festland, und dann wurden in den sich auf dem jungen Festland entwickelnden Lagunen, Süsswasserseen und Sümpfen brackische und limnische Schichten abgelagert, die vielleicht in einem noch späteren Abschnitt in Folge eines neuen Vordringens des Meeres wiederum von marinen Sedimenten überlagert wurden. In anderen Fällen mag der Wechsel von Meeres- und Binnenablagerungen damit zusammenhängen, dass, wie schon hervorgehoben, ein grosser Theil der Tertiärschichten in der Nähe der Meeresküste entstanden ist, in Becken, in welchen auch ohne Verticaloscillationen leicht Verschiebungen von Land und Meer eintreten und dies letzte vorübergehend in Gebiete eindringen konnte, die es auf die Dauer nicht zu behaupten vermochte.

Mit diesen Thatsachen steht der gerade bei tertiären Bildungen besonders häufige, alle möglichen örtlichen Einflüsse abspiegelnde Facieswechsel in innigstem Zusammenhang. Ebenso hängt damit die verhältnissmässig beschränkte Verbreitung der meisten Tertiärablagerungen zusammen, die nicht mehr wie die der älteren Formationen mit wenig veränderten Merkmalen über ganze Länder verbreitet sind, sondern meist nur kleinere becken- oder buchtähnliche Räume — die Ausfüllungen ehemaliger Binnenseen oder seichter Meeresbusen — einnehmen.

Die geringe Verbreitung der meisten Tertiärbildungen erklärt die grossen Schwierigkeiten, auf welche genauere Parallelisirungsversuche der Schichten verschiedener Ablagerungsbecken zu stossen pflegen. Dasjenige Mittel, das sonst in erster Linie und mit grösstem Erfolge zur Ermittelung des Alters räumlich getrennter Ablagerungen angewandt wird, nämlich die Beobachtung der Lagerungsverhältnisse, ist hier in der Regel nicht anwendbar. Man ist vielmehr gezwungen, sich zu diesem Behufe eines anderen, mittelbaren Weges zu bedienen, und dies ist, wie gleich ausgeführt werden soll, die Vergleichung der marinen Conchylienfauna einer gegebenen Schichtenfolge mit der lebenden Fauna der benachbarten Meere.

Unsere Kenntniss der Tertiärformation ist verhältnissmässig neu. Bis zu Anfang des vor. Jahrhunderts hatte man den losen Sanden, lockeren Mergeln und plastischen Thonen, aus denen das Tertiär vieler Gebiete

besteht, kaum Beachtung geschenkt, sie vielmehr mit dem sogen. aufgeschwemmten Lande der älteren deutschen Geologen — im Wesentlichen unserem jetzigen Quartär — vereinigt. Erst in den beiden ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts lernte man allmählich durch die Untersuchungen von G. Cuvier und Ad. Brongniart[1]) aus der Umgebung von Paris eine sehr versteinerungsreiche Schichtenfolge kennen, die sich durch ihre aus lauter ausgestorbenen Arten zusammengesetzte Fauna als ein in gleicher Weise von der unterliegenden Kreide wie von den überliegenden diluvialen und alluvialen Bildungen verschiedenes, selbständiges Glied der geologischen Formationsreihe erwies. Die zahlreichen, etwa 40 verschiedene Arten umfassenden Säugethierreste dieser von den beiden genannten Gelehrten mit dem Namen Tertiär bezeichneten Schichtenserie wurden von Cuvier in dem berühmten Werke beschrieben, das den Titel führt: „Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes"[2]). Die ausgezeichnet erhaltene, mehrere 1000 Arten umfassende Conchylienfauna dagegen wurde von Lamarck[3]) und später von Deshayes[4]) bearbeitet. Auch in dieser findet sich kaum eine einzige noch jetzt lebende Species, und die nächsten heutigen Verwandten der Pariser Arten leben in den tropischen Meeren.

Nach den Parisern wurden zunächst die diesen sehr ähnlichen südenglischen Tertiärbildungen studirt, dann diejenigen Italiens und Südfrankreichs, die beide ebenfalls eine sehr reiche, aber der jetzt lebenden viel näher stehende marine Conchylienfauna beherbergen. Dies gilt besonders für die an den Rändern des Apennin vom Po bis nach Calabrien verbreiteten sogen. Subapenninbildungen, deren zum überwiegenden Theile aus recenten Species bestehende Molluskenfauna durch Brocchi[5]) bekannt wurde, während die Fauna der Gegend von Bordeaux und Dax, die was die Zahl der noch lebenden Arten betrifft, zwischen den Pariser Bildungen und dem Subapennin in der Mitte steht, durch Basterot[6]) bearbeitet wurde. Mit anderen älteren, gleichfalls eine Fülle von organischen Resten einschliessenden Tertiärbildungen, nämlich denen des vicentinischen Gebietes, hatte sich mittlerweile Ad. Brongniart[7]) beschäftigt und sie als den ihm wohlbekannten Pariser Ablagerungen nahestehend erkannt.

Durch Vergleichung aller dieser Faunen unter einander und mit

---

[1]) Essai s. l. Géographie minéralogique des environs de Paris, 1810—1811, 2. Aufl. (descr. géol. d. env. d. P.), 1822, 3. Aufl., 1835.

[2]) 4 Bände, 1812. Neue Ausgabe in 5 Bänden, 1821—1825. Letzte Ausgabe 1836.

[3]) Mém. s. l. fossiles d. envir. de Paris, 1818—1822.

[4]) Descr. des coquilles foss. d. environs de Paris, 3 Bde., 1824—1837.

[5]) Conchiliologia fossile subapennina, 2 Bde., 1814.

[6]) Descr. d. coqu. foss. d. envir. de Bordeaux, 1825.

[7]) Mém. s. l. terr. de sédim. supér. calcaréo-trappéen du Vicentin, 1823.

den Faunen der heutigen Meere gelangte DESHAYES zu einer allgemeinen Gliederung der Tertiärformation[1]). Er stellte den Satz auf, dass das Alter einer Tertiärablagerung beurtheilt werden könne nach dem Procentsatze der ihr zukommenden noch jetzt lebenden Species. Je älter eine Fauna sei, desto geringer, je jünger, desto grösser sei die Zahl ihrer recenten Arten. In weiterer Verfolgung dieses Gedankens schlug dann CH. LYELL eine Eintheilung der Tertiärbildungen in drei Hauptabtheilungen vor, deren Benennungen er auf das Mengenverhältniss der diesen Abtheilungen zukommenden recenten Species gründete[2]). Es sind das von oben nach unten:

3. Pliocän[3]) = Subapenninbildungen und englischer Crag, mit 35—50 Proc. noch lebender Arten.
2. Miocän[3]) = Ablagerungen der Loire- und Girondegegend (Bordeaux etc.), mit 17 Proc. noch lebender Arten.
1. Eocän[3]) = Paris-Londoner Becken und Vicentiner Gebiet, mit nur 3½ Proc. lebender Arten.

Der Vollständigkeit wegen sei schon hier bemerkt, dass zu diesen drei Abtheilungen noch eine vierte, das Plistocän[4]), für noch jüngere, schon der Quartärformation zufallende Bildungen zugefügt wurde. Es sollte 90—95 Proc. lebender Conchylienarten, also eine mit der jetzigen fast ganz übereinstimmende Fauna besitzen. Wenn sich auch das dieser Gliederung zu Grunde liegende Princip in der Folgezeit als richtig erwiesen hat, so lassen sich doch die von LYELL für die einzelnen Abtheilungen angenommenen Procentzahlen von noch lebenden Arten jetzt nicht mehr festhalten. So muss man für das Pliocän statt 35—50 40—90, für das Miocän nicht 17, sondern 10—40 Proc. recenter Formen annehmen.

Bei der zu Ende der 40er Jahre durch E. BEYRICH ausgeführten Untersuchung der norddeutschen Tertiärablagerungen und ihrer Vergleichung mit dem französischen und belgischen Tertiär ergab sich weiter die Nothwendigkeit, für eine Reihe von älteren Tertiärablagerungen noch eine weitere Abtheilung zwischen Eocän und Miocän einzuschieben, die den Namen Oligocän[5]) erhielt (1854) und jetzt als viertes Hauptglied der Tertiärformation allgemein angenommen ist. Zu diesen vier Abthei-

[1]) Bullet. d. l. Soc. géol. de France, 1830.

[2]) Anhang zu Bd. II der Principles of Geology, 1. Aufl., 1832.

[3]) Abgeleitet von πλείων (mehr) und καινός (neu), bezw. μείων (weniger), bezw. ἕως (die Morgenröthe, der Anfang der Neuzeit).

[4]) Abgeleitet von πλεῖστον (das Meiste) und καινός. Die gewöhnlich gebrauchte Form „Pleistocän" ist zu verwerfen, wenn man nicht auch „Pleiocän" (statt Pliocän) sagen will.

[5]) Ueber d. Stellung der hessischen Tertiärbildungen. Monatsber. d. Berl. Akad. 1854, S. 640. — Vergl. auch BEYRICH, Ueber d. Abgrenzung d. oligocän. Tertiärzeit. Ebend. 1858, S. 51.

lungen ist endlich in neuerer Zeit noch eine fünfte, das Paleocän[1]) hinzugekommen. Es soll nach dem Vorschlage von SCHIMPER[2]) und v. KOENEN[3]) die allerältesten, bis dahin als Untereocän classificirten Ablagerungen des Paris-Londoner Beckens und deren Aequivalente umfassen.

Fasst man mit M. HÖRNES die beiden sich faunistisch nahestehenden oberen Glieder als Neogen zusammen, die drei älteren dagegen als Paläogen (auch wohl Eogen), so ergiebt sich für die Gesammtheit der Tertiärbildungen folgende Gliederung:

B. **Jungtertiär** oder **Neogen**	2. Pliocän 1. Miocän
A. **Alttertiär** oder **Paläogen**	3. Oligocän 2. Eocän 1. Paleocän

Eine sehr viel weitergehende Eintheilung des Tertiär ist in den 50er Jahren von MAYER-EIMAR vorgeschlagen worden. Da seine später von ihm selbst wiederholt abgeänderten und ergänzten Stufennamen besonders in der nichtdeutschen Literatur vielfache Verwendung finden, so mag auch diese Gliederung hier Platz finden. Einige vielgebrauchte, von anderen Autoren herrührende Synonyme sind den MAYER'schen Namen beigefügt worden.

Pliocän	Astian Piacentian (Plaisantien) Messinian = Pontien MARNY
Miocän	Tortonian Helvetian Langhian = Burdigalien DEPÉRET
Oligocän	Aquitanian Tongrian = Rupélien DUMONT Ligurian = Tongrien DUM.
Eocän	Bartonian Parisian = Lutétien DE LAPP. Londonian
Paleocän	Soissonian (Suessonien) { Yprésien DUM. / Sparnacien (DOLLF.) } Garumnien (Montien DEWALQUE)

Die Vertheilung von Wasser und Land in der Tertiärzeit war von der heutigen noch in vielen Punkten wesentlich verschieden. So bestand die Thetys, jenes vom atlantischen Ocean über das heutige Mittelmeer

[1]) = alt (παλαιός)-Eocän.

[2]) Paléont. végét. III, S. 680, 1874.

[3]) Ueber eine paleocäne Fauna von Kopenhagen (Abh. d. k. Ges. d. Wiss. Göttingen 1885).



und Südasien bis in die malayische Region reichende Meer der mesozoischen Periode auch während des Alttertiärs fort. Ebenso wird vermuthet, dass während der ganzen Tertiärzeit ein Zusammenhang der alten mit der neuen Welt vorhanden war, und zwar sowohl von Irland über die Faröer, Island und Grönland, als auch vom nordöstlichen Asien über die jetzige Beringstrasse nach Alaska. Weiter spricht eine Reihe von Thatsachen für eine damals bestehende Verbindung zwischen Ostindien und Afrika, vielleicht auch zwischen Asien und Australien. Dagegen war der südpacifische Continent, nach einer Hypothese HUXLEY's, die Heimath der Placentalthiere und der Angiospermen, damals im Wesentlichen schon verschwunden; eine Karte der tertiären Festländer und Meere würde auf diese Weise noch ein in vielen Beziehungen von dem heutigen sehr abweichendes Bild liefern. Uebrigens hat, wie sich weiter unten zeigen wird, die Vertheilung von Wasser und Land im Laufe der Tertiärzeit wiederholt gewechselt und ist allmählich der heutigen immer ähnlicher geworden.

Es wäre weiter hervorzuheben, dass die Tertiärperiode die Zeit sehr lebhafter Gebirgsbildung gewesen ist. Die Aufthürmung der Alpen, der Karpathen, des Apennin, des Kaukasus, Atlas, Himalaya, der nord- und südamerikanischen Cordilleren und vieler anderer unserer höchsten Gebirge fällt in das Tertiär. Wie bedeutend in vielen Fällen der Betrag der seit Beginn der Tertiärzeit stattgehabten Hebung — oder vielleicht richtiger der Betrag der seit jener Zeit stattgefundenen Senkung des Meeresspiegels ist, geht daraus hervor, dass die alttertiären marinen Nummulitenschichten in den Westalpen bis gegen 3500 m, im Himalaya sogar bis gegen 5000 m Meereshöhe emporsteigen. Ja auf der Nordseite des Peloponnes finden wir sogar pliocäne Meeresbildungen in 1800 m Meereshöhe.

Was endlich die klimatischen Verhältnisse betrifft, so waren auch diese im Laufe der Tertiärzeit grossen Veränderungen unterworfen. Dass die Klimazonen nicht, wie noch vielfach angenommen wird, sich erst in dieser Periode der Erdgeschichte ausbildeten, sondern wahrscheinlich schon früher zur Entwickelung gelangten, ist bereits bei Besprechung der Jura- und Kreideformation hervorgehoben worden. In der älteren Tertiärzeit war, wie sowohl deren Conchylienfauna als auch die an Palmen und immergrünen Gewächsen reiche Flora und die Wirbelthierfauna (Affen, Mastodonten, Palaeotherien, Krokodile u. s. w.) beweisen, das Klima in Mitteleuropa noch ein fast tropisches. Später machte sich aber eine allmähliche Abnahme der Temperatur geltend, so dass diese gegen Ende der Tertiärzeit in unseren Gegenden kaum mehr höher war als heutzutage.

Alttertiär oder Paläogen.

I. Paleocän.

Wie schon oben bemerkt, war die Abtrennung des Paleocän vom Eocän schon in den 70er Jahren von Schimper vorgeschlagen worden; dieser Vorschlag war aber unbeachtet geblieben, bis A. v. Koenen im Jahre 1886 nachdrücklich darauf zurückkam. Er that es mit der Begründung, dass die unter dem London clay und den Sables de Cuise des London-Pariser Beckens liegenden ältesten Tertiärbildungen ebenso grosse faunistische Unterschiede von den eocänen Schichten zeigen wie diese von den oligocänen, und dass erst nach Ausscheidung des Paleocän das Eocän den übrigen Abtheilungen der Tertiärformation, dem Oligocän, Miocän und Pliocän, gleichwerthiger werde. Zu diesen Gründen kommt noch die Eigenthümlichkeit der Säugethierfauna des Paleocän hinzu, die wir jetzt in übereinstimmender Beschaffenheit sowohl in Europa („Cernaysien" von Reims) als auch in Nordamerika (Puerco beds) kennen, und die gegenüber der eocänen und oligocänen Säugerfauna sehr bedeutende Unterschiede aufweist.

Leider ist die Conchylienfauna des Paleocän noch viel weniger erforscht als die der übrigen grossen Tertiärserien. Dies gilt besonders von der marinen Fauna, die man bisher in einiger Reichhaltigkeit nur aus den Sables de Bracheux sowie einem Theile der Thanetsande kennt. Dies hängt wenigstens zum Theil damit zusammen, dass auf das rasche Hervortauchen der Festländer während der letzten Phasen der Kreideperiode in der ältesten Tertiärzeit zahlreiche kleine Bodenoscillationen folgten, die einen beständigen Kampf von Wasser und Land mit sich brachten und zur Folge hatten, dass das Paleocän gewöhnlich nicht aus reinen Meeresablagerungen, sondern aus einem wiederholten Wechsel von marinen, brackischen und Süsswasserbildungen zusammengesetzt ist.

Das einzige Gebiet, wo bis jetzt paleocäne Ablagerungen eingehender untersucht worden sind, liegt in Nordfrankreich, bei Paris und Reims, in der Champagne, Normandie, Picardie und Artois sowie im belgischen Flandern und in Südengland, und zwar besonders der Umgebung von London. Die hier entwickelten Bildungen lassen sich in Unter-, Mittel- und Oberpaleocän eintheilen. Das erste deckt sich mit dem Montien der belgischen Geologen, das ausser dem Kalk von Mons in Belgien auch die Kalke und Mergel von Meudon bei Paris umfasst; das zweite entspricht dem Thanétien von Renevier[1]), das letzte dem (nach der

[1]) Tableau des terr. sédiment. (Bull. soc. vaudoise des sc. nat. v. XII, 1873.)

Stadt Epernay = Sparnacum so benannten) Sparnacien von DOLLFUS (1880) und DE LAPPARENT.

Die Reihenfolge und gegenseitigen Beziehungen der fraglichen Schichten sind aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

	Nordfrankreich	Flandern	Südengland
Oberes Paleocän (Sparnacien)	Argile plastique et lignites du Soissonais	Oberes Landénien	Oldhaven u. Blackheath beds Woolwich u. Reading beds
Mittleres Paleocän (Thanétien)	Kalk von Rilly Sables de Bracheux	Unteres Landénien = Heersien	Thanet sands
Unteres Paleocän (Montien)	Mergel und Kalk von Meudon	Kalk von Mons	

Nordfrankreich. Ueber dem sogen. Pisolithkalk der Gegend von Paris, der noch *Nautilus danicus, Pecten (Vola) quadricostatus* etc. enthält und sich damit als der obersten Kreide angehörig zu erkennen giebt, folgt zunächst ein foraminiferenreicher Kalk, der besonders bei Meudon aufgeschlossen, aber auch im Untergrunde von Paris verbreitet ist. *Cidaris Tombecki, Goniopygus minor,* grosse Cerithien, *Pseudoliva robusta, Mitra Dewalquei* sind als bezeichnende, zum Theil mit solchen des Pisolithkalks gemeinsame Arten zu nennen.

Während man über das Alter dieses Kalkes verschiedener Ansicht sein kann, ist man sich ziemlich einig, die nun folgenden hellen Mergel von Meudon mit *Cerithium inopinatum, Turritella montensis* und einigen Arten von *Physa, Paludina* und anderen Süsswassergattungen dem Tertiär zuzuweisen.

Sehr viel verbreiteter sind die Ablagerungen der nächst jüngeren Stufe, der Sables de Bracheux, die nicht nur in der Gegend von Paris, sondern fast durch ganz Nordfrankreich, von der Normandie bis in die Champagne und bis an den Kanal entwickelt sind. Es sind meist glauconitische, mitunter kalkig werdende, oftmals mit Conglomeraten beginnende, offenbar einer marinen Transgression entsprechende Sande von einigen Metern Mächtigkeit, zu denen örtlich dunkle Thone

Vergl. auch die zweite Auflage dieser werthvollen Schrift: Chronographe géologique Extr. du Compte-rendu du Congrés géol. intern. à Zürich. Lausanne 1897.

hinzutreten. Hauptleitfossilien sind *Ostrea bellovacina* (73, 1), *Cardita pectuncularis* (73, 4), *Cucullaea decussata = crassatina* (73, 2), *Crassatella sulcata, Cyprina Morrisi* und *scutellaria = applanata, Pholadomya Konincki, Voluta depressa* etc.

In der Gegend von Reims [1]) besteht die Schichtenfolge aus: 1. 10 m gelbliche Sande mit *Cyprina scutellaria;* 2. 10—12 m Kalksande mit *Ostrea bellovac., Voluta depressa, Cyprina, Beloptera Levesquei* etc.; 3. 12 m bunte geröllführende Sande mit Vogel- (*Gastornis-*) und Rhynchocephalen-(*Simaedosaurus-*)Resten und 4. den bis 4 m starken Kalken und Mergeln von Rilly mit *Physa gigantea* (73, 6), *Paludina, Cyclas,* Arten von *Helix, Cyclostoma* u. s. w., also einer ausgesprochenen Süsswasserfauna. Auch das ungefähr gleichaltrige Conglomerat von Cernay ist durch die darin enthaltenen Reste von Säugethieren, die aus Creodonten (*Arctocyon*), Multituberculaten oder Allotherien (*Neoplagiaulax*), Halbaffen (*Plesiadapis*), Condylarthren (*Phenacodus*), Insectivoren (*Adapisorex*), Vögeln (*Gastornis* u. a.) bestehen, von grösstem Interesse; um so mehr, als manche der betreffenden Gattungen, wie *Phenacodus* und *Neoplagiaulax*, mit der Fauna der amerikanischen Puerco beds gemeinsam sind.

Ueber dem Conglomerat von Cernay folgen bei Reims die Mergel von Chenay, eine ausgesprochene Süsswasserbildung mit Limnaeen, *Planorbis-* und *Cyclas-*Arten. Darüber liegen 10—12 m Thone mit Braunkohlen, die *Melania inquinata* (73, 5), *Cyrena cuneiformis* (73, 3) und andere Leitarten des Sparnacien, zahlreiche Cerithien (*variabile, funatum* etc.) und ähnliche Säugethierreste wie das Conglomerat von Cernay (*Plesiadapis, Hyaenodictis, Proviverra* etc.) einschliessen.

In der Pariser Gegend wird das Ober-P. durch den plastischen Thon vertreten. Er beginnt mit dem knochenführenden Conglomerat von Meudon mit Paludinen, *Cyclas,* Resten von Schildkröten und Krokodilen. Dann folgt eine Bank mit *Unio antiqua, Anodonta, Physa* u. s. w., dann der eigentliche braunkohlenhaltige graublaue plastische Thon, der erst in seinem obersten Theile eine brackische Lage mit *Ostr. bellov., Cyrena antiqua* u. s. w. einschliesst.

In **Belgien** liegt der Kalk von Mons unmittelbar über obersenoner Tuffkreide. Bis 90 m dick werdend, stellt er mitunter nur ein Agglomerat von Fossilien dar, unter denen besonders *Beloptera Konincki, Mitra Dewalquei, Cerithium inopinatum, montense* u. a., *Pseudoliva robusta, Cidaris Tombecki* sowie einige limnische Formen (*Auricula, Physa, Melanopsis* etc.) zu nennen sind. Das Unter-Landénien Flanderns besteht aus marinen Sanden mit *Pholad. Konincki, Cyprina Morrisi,*

[1]) de Lapparent, Traité de Géol. 4. édit., 1419.

Cucull. decussata, *Belopt. Levesquei*, *Aturia ziczac* (**73**, 7), während das Ober-Landénien aus Sanden, Mergeln und Braunkohlen zusammengesetzt ist.

England. Der (nach der gleichnamigen Insel benannte) unmittelbar auf Kreideschichten auflagernde Thanetsand ist ein gelblicher oder grünlicher, lehmiger, 6—18 m mächtiger mariner Sand mit *Cyprina Morrisi, Pholadomya cuneata* und *Konincki, Cytherea orbicularis, Ostrea bellovacina* (**73**, 1), *Panopaea granulata, Scalaria Bowerbanki* und anderen zum Theil auch in Frankreich und Belgien vertretenen Arten.

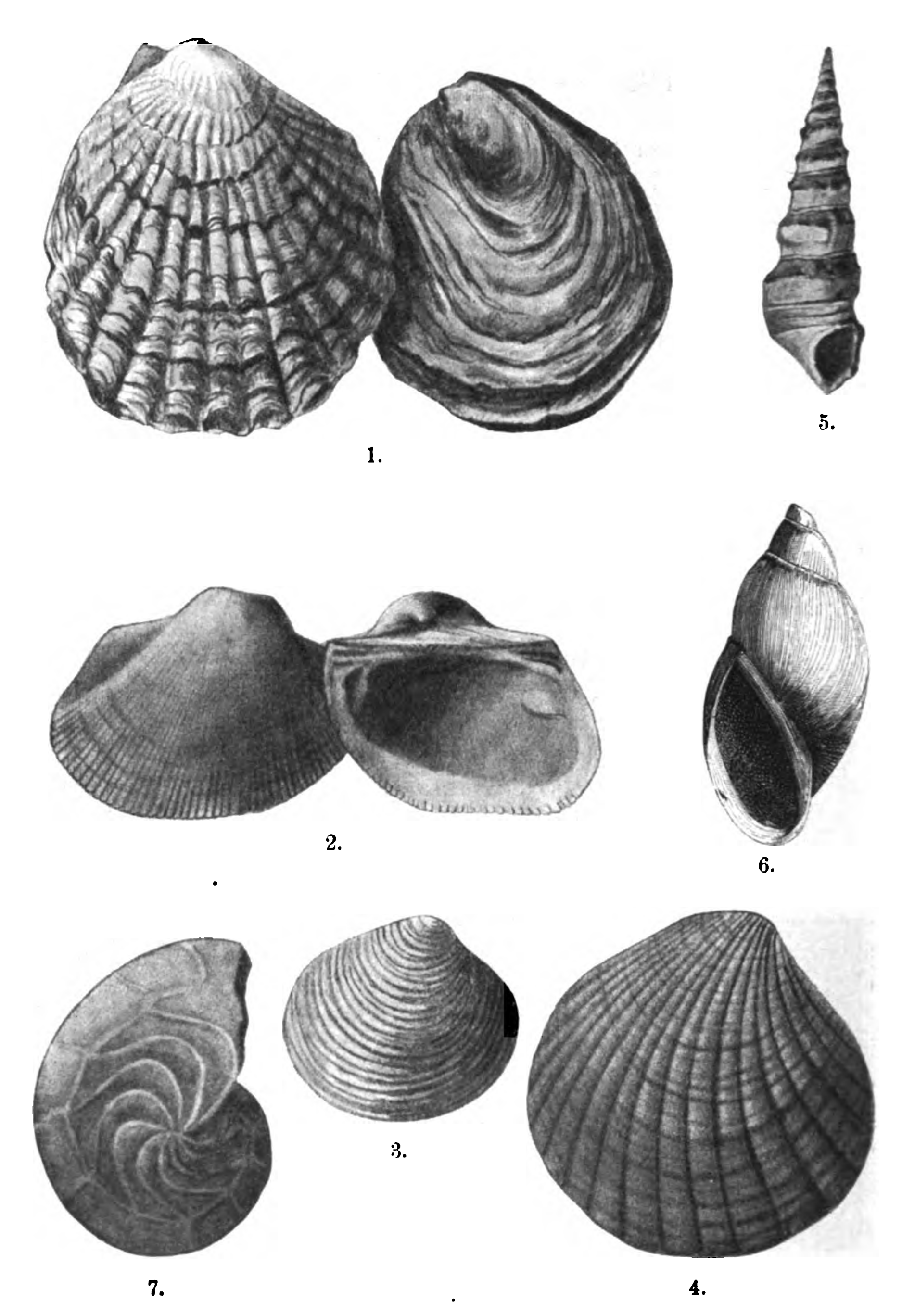
Die Woolwich and Reading beds bestehen aus bis 28 m starken Thonen, Sanden und Conglomeraten, die ausser *Ostr. bellovacina, Pectunculus terebratularis*, *Melania inquinata* (**73**, 5), *Cyrena cuneiformis* (**73**, 3) u. s. w. auch Säuger- (*Coryphodon*) und Vogelreste (*Gastornis*) führen.

Die Oldhaven beds endlich, die eine Zeit lang als Basis des Londonthons angesehen worden sind, stellen eine bis 17 m mächtig werdende Geröll- und Sandablagerung mit einer kleinen brackisch-ästuarinen Fauna dar.

Dänemark, Norddeutschland, Russland. Hier ist zuerst die schon oben genannte, durch v. Koenen bearbeitete Fauna von Kopenhagen zu erwähnen. An braunkohlenführende Thone gebunden, besteht sie aus zahlreichen marinen Zweischalern und Gastropoden, Fischotolithen und Zähnen u. a. und ist vermuthlich altpaleocänen Alters. Die viel ärmere, von demselben Forscher[1]) aus einem Bohrloch bei Lichterfelde (unweit Berlin) beschriebene Fauna hat möglicherweise dasselbe Alter. Beide Faunen werfen einiges Licht auf gewisse in Südschweden, auf Seeland und Bornholm, im Holsteinischen und anderwärts vorkommende alttertiäre Geschiebe, die vielleicht ebenfalls zum Theil paleocän sind und einer grösseren unter dem Diluvium versteckten, mit dem anglo-gallischen Paleocän in Verbindung zu bringenden Ablagerung angehören. Auch in Centralrussland (an der mittleren Wolga bei Saratow etc.) sind über der jüngsten Kreide (vergl. S. 440) paleocäne Schichten mit *Cyprina* cf. *Morrisi, Pholadomya cuneata* etc. (allerdings meist nur in Abdrücken) entwickelt.

Südeuropa, Nordafrika. In Aquitanien, in der Provence, in den Pyrenäen und anderweitig findet sich Paleocän zum Theil in Gestalt von Süsswasserschichten mit *Physa* u. s. w., zum Theil in Form von marinen Bildungen. Zu diesen letzten gehört die in neuester Zeit in Aegypten unter der untereocänen nummulitenführenden libyschen Stufe Zittel's

[1]) Jahrb. d. pr. geol. Landesanst. f. 1890, 1892.



Taf. 73. Versteinerungen des Paleocän. 1. *Ostrea bellovacina* Lam. 2. *Cucullaea decussata* Park. = *crassatina* Lam. 3. *Cyrena cuneiformis* Sow. 4. *Cardita pectuncularis* Lam. 5. *Melania inquinata* Defr. 6. *Physa gigantea* Michaud. 7. *Nautilus (Aturia) ziczac* Bronn.

nachgewiesene Kurkurstufe mit *Ostrea kurkurensis*, *Cardita nubica*, *Aturia ziczac* (**73**, 7), Seeigeln, Globigerinen, Rotalien u. s. w. [1]).

Ob die alttertiären nummulitenreichen Ablagerungen von Ihirrak in Sind (Indien), in denen Nötling [2]) vor kurzem zahlreiche Belemniten entdeckt hat, dem Eocän oder dem Paleocän angehören, muss dahingestellt bleiben. Jedenfalls aber sind dem letzten zuzurechnen die bis 300 m mächtigen, gleichförmig über den Laramie beds (s. S. 446) folgenden, als Puerco beds bekannten Süsswasserablagerungen Neumexicos, da sie eine Säugethierfauna einschliessen, die derjenigen des Paleocän der Gegend von Reims sehr ähnlich ist [3]). Auch die viel reichere amerikanische Fauna besteht überwiegend aus Multituberculaten — dieser wesentlich mesozoischen Gruppe von aplacentalen Säugern —, Condylarthren, Creodonten, Lemuriden u. s. w., und einige wichtige Gattungen, wie *Neoplagiaulax*, *Phenacodus*, *Arctocyon*, kommen auch bei Cernay vor. Sehr bemerkenswerth ist der primitive Charakter aller dieser Säuger, selbst im Vergleich mit denen des Eocän. Neuere Untersuchungen [4]) haben übrigens gelehrt, dass die Puerco beds zwei ganz verschiedene Niveaus umfassen, das tiefere eigentliche Puerco und das höhere Torrejon.

II. Eocän.

Hinsichtlich der Verbreitung der eocänen Meere in Europa sei bemerkt, dass sich zwei grosse Eocängebiete unterscheiden lassen. Das eine umfasst Nordfrankreich, Belgien und Südengland und wird als das anglo-gallische Eocänbereich bezeichnet. Es entspricht einem nördlichen Meere, das, wie Reste von marinem Eocän in der Bretagne zeigen, nach Westen bis dorthin reichte, während es nach Osten zu, wie einzelne in Jütland, auf den dänischen Inseln und in Schleswig-Holstein gefundene Eocängeschiebe [5]) anzudeuten scheinen, mindestens bis in diese Gegenden sich erstreckt haben mag. Eine erheblich grössere Verbreitung besitzt das südeuropäische oder alpine Eocänbereich. Es umfasst das ganze südliche Europa mit Einschluss des südlichen und südwestlichen Frankreichs, der Alpen und Karpathen und dehnt sich gegen Süden bis weit nach Nordafrika, in die Sahara, libysche Wüste und Aegypten aus, während es sich nach Osten über den Kaukasus, Kleinasien, Arabien und

---

[1]) Blanckenhorn, Zeitschr. d. d. g. G. 1900, S. 403.

[2]) Centralbl. f. Min. etc. 1900, S. 138.

[3]) Vergl. Osborn and Earle (Bull. amer. Mus. nat. hist. N.-York VII, 1895).

[4]) Vergl. W. D. Matthew, Revis. of the Puerco-fauna (Bull. amer. Mus. nat. hist. N.-York, v. IX, 1897).

[5]) Vergl. Stolley, Ueb. Geschiebe v. Londonthon. Arch. f. Anthrop. u. Geol. Schlesw.-Holst. III, 2, 105.

Persien bis in das Gebiet des Tianschan und Himalaya und von da über Java und Sumatra bis nach Borneo und den Philippinen erstreckt. Es folgt daraus, dass in der Eocänzeit eine breite westöstliche Meeresverbindung zwischen dem atlantischen und stillen Ocean bestand. Es ist dies dasselbe Meer, das wir schon in früheren geologischen Perioden als Thetys (Suess) oder als das grosse centrale Mittelmeer (Neumayr) kennen lernten. In Europa nahm dies Meer nicht nur das ganze heutige Mediterranbecken ein, sondern es reichte auch nach Norden über die Alpen und Karpathen hinaus, nach Süden bis tief nach Nordafrika hinein. Die Alpen und Karpathen selbst waren damals noch nicht vorhanden, sondern ragten nur als flache Inseln über den Seespiegel empor. Eine Reihe von Thatsachen scheinen dafür zu sprechen, dass die Thetys im Osten des Uralgebirges durch einen Meeresarm mit dem Polarmeere zusammenhing; als gesichert aber darf gelten, dass an Stelle der heutigen Pyrenäen und des Garonnebeckens eine Verbindung mit dem Atlanticum vorhanden war.

Nordeuropäisches Eocän.

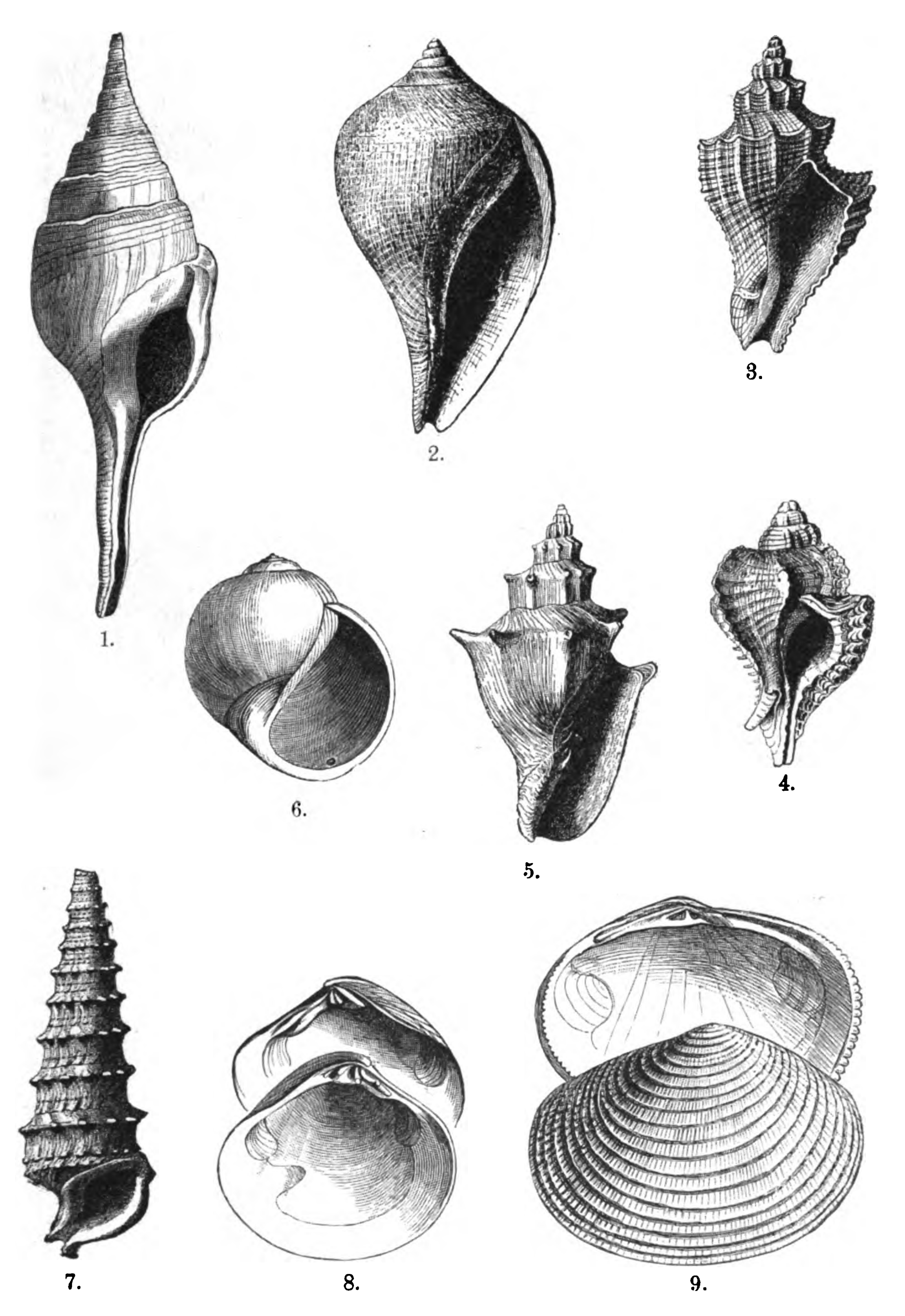
Die allgemeine Gliederung und gegenseitigen Beziehungen der hierher gehörigen Schichten in den Hauptgebieten des anglo-gallischen Beckens sind aus folgender Tabelle ersichtlich:

	Gegend von Paris	Belgien	Gegend von London
Obereocän (Bartonien)	Calcaire de St-Ouen Sables moyens oder de Beauchamp	Wemmélien	Unt. Headon Hill-Sch. (Insel Wight), Barton clay
Mitteleocän (Lutétien)	Calcaire grossier od. Pariser Grobkalk	Laekenien und Bruxellien	Bagshot u. Bracklesham-Schichten
Untereocän (Yprésien)	Sables inférieurs oder de Cuise	Panisélien Yprésien	London clay

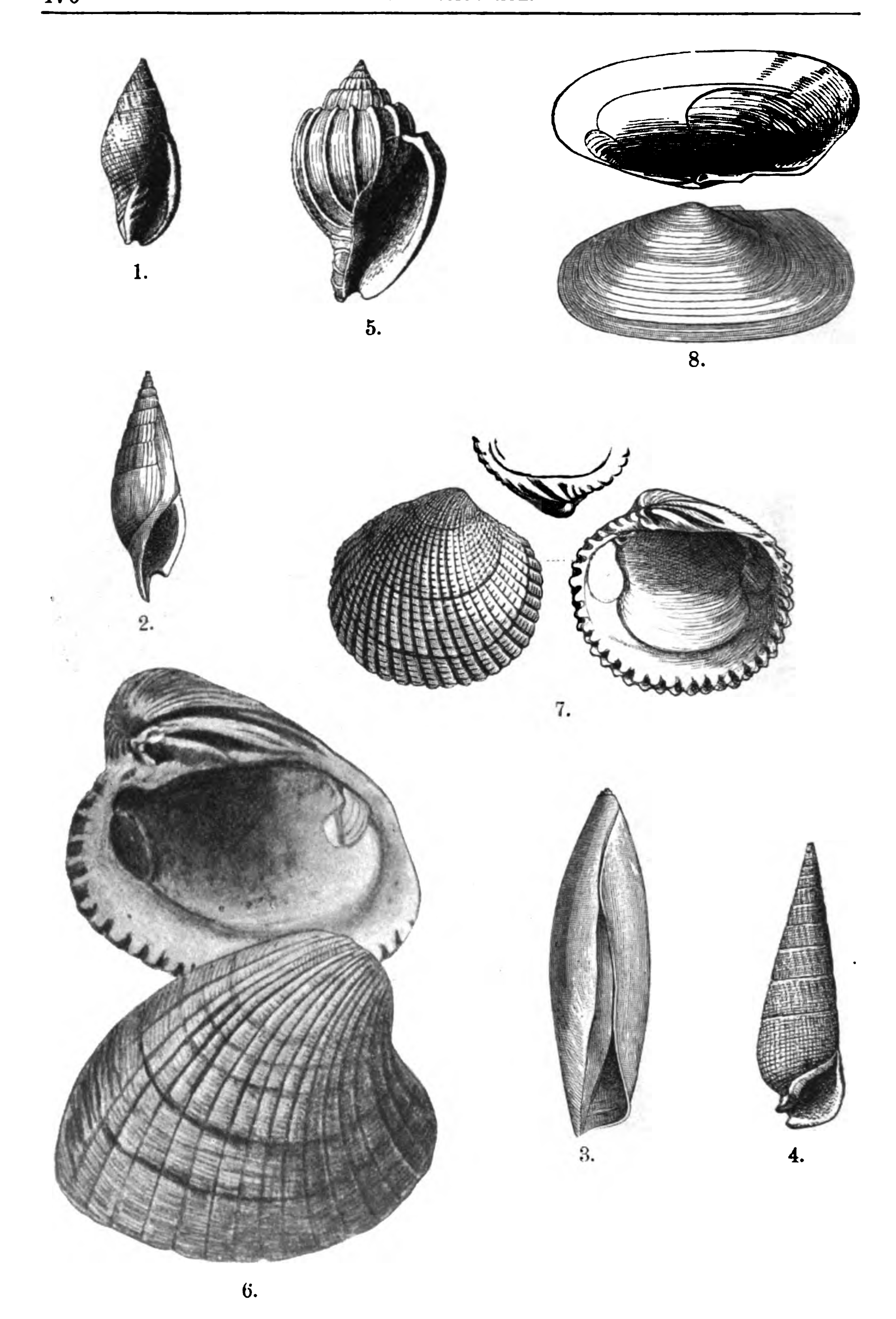
Pariser Becken[1]). Die unteren Meeressande, Sables inférieurs (auch S. de Cuise oder du Soissonais) sind 50 m mächtige fossilreiche Sande und Sandsteine. Neben *Nerita* (*Velates*) *Schmideliana* (76, 4), *Pholas Levesquei*, *Rostellaria Geoffroyi* ist namentlich das massenhafte Auftreten von *Nummulites planulatus* bemerkenswerth.

Grobkalk oder Calcaire grossier. 10—45 m mächtige, bald sandige, bald mergelige, bald glauconitische, mit ausgezeichnet erhaltenen

[1]) Vergl. Laville, Guide du géologue dans le tertiaire parisien. Paris, Dagincourt & Cie., 1890.



Taf. 74. Eocäne Mollusken. 1. *Fusus longaevus* LAM. 2. *Fusus bulbiformis* LA. 3. *Fusus subcarinatus* LA. 4. *Murex tricarinatus* LA. 5. *Voluta muricina* LA. 6. *Natica patula* LA. 7. *Cerithium serratum* BRGN. 8. *Cytherea semisulcata* LA. 9. *Corbis* (= *Fimbria*) *lamellosa* LA.



Taf. 75. Eocäne Mollusken. 1. *Mitra labratula* Lam. 2. *Rostellaria fissurella* La. 3. *Terebellum sopitum* Brander. 4. *Cerithium nudum* La. 5. *Harpa mutica* La. 6. *Cardita planicosta* Lam. 7. *Cardita imbricata* La. 8. *Psammobia effusa* Desh.

Meeres-Conchylien erfüllte Kalksteine, die das Baumaterial für Paris liefern. Die untersten Lagen sind voll Nummuliten *(laevigatus* [**76**, 7], *scaber)* und enthalten Echinodermen, Austern, *Cardita planicosta* (**75**, 6), *Turritella terebellata* u. s. w.; die mittleren neben zahlreichen Milioliden das fast bis 0,5 m lang werdende *Cerithium giganteum,* eine der grössten bekannten Schnecken, *Turritella imbricataria, Fusus bulbiformis* (**74**, 2) und *Noae, Conus deperditus, Cassis cancellata, Corbis lamellosa* (**74**, 9), *Cardium porulosum, Crassatella ponderosa* und viele andere; die obersten brackisch werdenden Schichten liefern viele Cerithien (*angulosum, interruptum, denticulatum, echinoides, cristatum* etc.) u. a. Ein Hauptfundort ist Grignon.

Sables de Beauchamp oder moyens. Der untere Theil der Schichtenfolge besteht aus versteinerungsreichen Meeressanden mit Nummuliten (*N. variolarius*), *Ostrea multistriata, Dentalium grande, Turritella Heberti, Cerith. mutabile* u. a.; der obere aus einem mehrfachen Wechsel von marinen Sanden mit Süsswasserkalken und Mergeln, dem calcaire de St. Ouen mit *Limnaeus longiscatus, Planorbis goniobasis, Cyclostoma.*

In **Belgien** besteht das unterste Glied des Eocän, das Yprésien, zuunterst aus bis 100 m mächtigen marinen Thonen, die ausser Foraminiferen nur einige Kruster enthalten. Darüber folgen 30—70 m Sande mit Nummuliten (*N. planulatus*), Turritellen u. s. w. Das Panisélien dagegen (nach dem Panisel-Hügel bei Mons) stellt grobe Glaukonitsande mit *Pinna margaritacea, Rostellaria fissurella* u. s. w. dar. Das Bruxellien setzt sich aus 40—50 m mächtigen Sanden mit *Cardita planicosta, Cardium porulosum, Pectunculus pulvinatus* und anderen Arten des Pariser Grobkalks zusammen, während die Sande des Laekenien (nach L. bei Brüssel) besonders Nummuliten (*N. laevigatus*) enthalten. Auch das Wemmélien endlich besteht aus kiesigen Sanden mit Nummuliten (*N. variolarius*).

England. Londonthon: Dies bekannte Hauptglied des englischen Eocän besteht aus zähen bräunlichgrauen, bis 200 m mächtig werdenden Thonen mit Septarien und sandigen, Feuersteingeschiebe führenden Schichten an der Basis. Ausser eingeschwemmten Resten von Pflanzen, Schildkröten, Vögeln und Säugethieren (*Didelphys, Coryphodon* etc.) enthält der Londonthon eine besonders aus Gastropoden bestehende Meeresfauna. Von den vielen Arten seien nur *Nautilus imperialis, ziczac* (**73**, 7) u. a., *Belosepia sepioides, Fusus regularis, tuberosus* u. a., *Rostellaria ampla, Natica hantoniensis, Pinna affinis* und *Pectunculus decussatus* genannt.

Bagshot- und Bracklesham-Schichten. Die ersten bis über 200 m mächtige, bei London über dem Londonthone liegende, fast versteinerungsleere, aber örtlich (Alum Bay etc.) eine reiche Flora (*Araucaria, Eucalyptus, Sequoia, Platanus, Alnus, Populus, Ulmus* etc.) einschliessende Sande; die letzten Thone und Sande, die nur in Hampshire entwickelt, eine mit der des Grobkalkes übereinstimmende marine Fauna (*Cerithium giganteum, Turritella imbricataria, Conus pederditus, Ostrea flabellata, Cardita planicosta, Nummulites laevigatus* [76, 7] etc.) einschliessen.

Bartonthon. Ein bis 100 m mächtig werdender Thon mit Nummuliten (*variolarius* etc.), *Voluta athleta, Fusus minax, Arca duplicata* und anderen marinen Resten, entsprechend dem Sand von Beauchamp im Pariser Becken.

Untere Headon Hill-Schichten (Hordle oder Hordwell beds). Ueber dem Bartonthon folgt auf der Insel Wight und an der Küste von Hampshire noch die mit obigem Namen bezeichnete sandig-thonige, örtlich Braunkohlen einschliessende Schichtenfolge. Zuunterst limnisch (*Unio, Limnaeus* etc.), wird sie nach oben etwas brackisch.

In **Deutschland** fehlen, wenn man vom Alpengebiet absieht, marine Bildungen eocänen Alters. Indess sind in Süddeutschland eine Reihe zerstreuter eocäner Süsswasserablagerungen vorhanden.

Zu diesen gehört einmal ein Theil der Bohnerzablagerungen von Elsass-Lothringen, der Schweiz (besonders Egerkingen im Berner Jura), Württemberg (Frohnstetten unweit Sigmaringen) und Bayern. Es sind erbs- bis nussgrosse concentrisch-schalige Kügelchen von Brauneisenstein, die als Ausfüllungen von Spalten, Höhlen und Mulden innerhalb älterer Gesteine, insbesondere des Weissjurakalks auftretend, wahrscheinlich als Quellabsätze anzusehen sind. *Lophiodon, Proviverra* und andere Säugerreste weisen den ältesten Bohnerzvorkommen ein eocänes Alter zu, während andere dem Oligocän oder Miocän angehören.

Jünger als diese Ablagerungen — etwa obereocän — ist der Süsswasserkalk von Buchsweiler[1]) im elsässischen Rheinthale nebst den ihn unterlagernden braunkohlenführenden Thonen. Neben *Lophiodon*-Resten enthalten sie Planorben, Paludinen, *Helix* u. s. w.

Auch in **Südrussland** ist marines Eocän ziemlich weit verbreitet; und zwar sowohl im Gebiete des Dnjepr und Donjez wie in dem der Wolga. Im ersten bestehen die ältesten Ablagerungen aus Sanden mit Phosphoritconcretionen, verkieseltem Holz und zahlreichen Meeresmuscheln, die dieser Butschak-Stufe ihren Platz an der Grenze von

[1]) Andreae, Beitr. z. Kenntn. d. Els. Tert. Abh. z. geol. Specialk. v. Els.-Lothr. II, 1884.



Mittel- und Obereocän zuweisen. Die dann folgenden blauen Thone der Kijew- oder Spondylus-Stufe enthalten zahlreiche Fische, aber nur wenige Mollusken und gehören dem Obereocän an. Darüber liegt marines Unteroligocän. Im Wolgagebiet schliessen die Sandsteine von Saratow eine arme, aber unzweifelhafte Mitteleocänfauna ein [1]).

Dem Eocän gehören nach dem Grafen Saporta und de Lapparent [2]) wahrscheinlich auch an die von Braunkohlen begleiteten Tertiärfloren im hohen Norden Europas (Island, Bäreninsel, Spitzbergen) und Nordamerikas (Atanekerdluk auf Grönland, Grinnell-Land). Diese uns durch zahlreiche Arbeiten von Osw. Heer [3]) bekannt gewordenen Floren setzen sich trotz ihrer nördlichen Lage — Grinnell-Land liegt fast unter dem 82. Breitengrade — aus Buchen, Pappeln, Ulmen, Eichen, ja sogar Taxodien, Platanen und Magnolien zusammen, während dort heutzutage die Baumgrenze (bei einer Mitteltemperatur von 10° C. für den wärmsten Monat) um volle 10—22 Breitengrade südlicher liegt. Es muss demnach damals in jenen Gegenden ein ganz abnorm warmes Klima geherrscht haben — so in Grönland unter dem 70. Breitengrade das Klima von Californien, auf Spitzbergen unter dem 80. das von Mitteldeutschland.

Gewöhnlich werden die fraglichen arktischen Floren nach Heer's Vorgang dem Miocän zugerechnet. Saporta hat indess auf die bemerkenswerthe Aehnlichkeit der Atanekerdluk-Flora mit der des Pariser Untereocän aufmerksam gemacht; und da von vornherein für eine in hohen Breiten liegende Flora mit so warmem Anstrich ein höheres Alter wahrscheinlicher ist, hat die Annahme, dass die fraglichen Floren nicht dem Miocän sondern dem Alttertiär angehören, in der That viel für sich.

Südeuropäisches Eocän.

Sehr abweichend von derjenigen des anglo-gallischen Beckens ist die Entwickelung des Eocän in Südeuropa.

Diese Verschiedenheit spricht sich schon in den Gesteinen aus, die nicht wie in Nordeuropa von lockerer Beschaffenheit sind, sondern — offenbar infolge der starken Dislocationen, welche die betreffenden Schichten in den südeuropäischen Faltengebirgen erfahren haben — zumeist harte feste Kalksteine, Sandsteine und Schiefer darstellen, wie man sie in Nordeuropa nur in älteren Formationen antrifft.

In paläontologischer Beziehung sind die südlichen Eocängebilde

---

[1]) N. Sokolow, Die untertertiären Abl. Südrusslands. Mém. du com. géol. IX, 2, 1893.

[2]) Traité de géol., 4. éd., S. 1473.

[3]) Flora fossilis arctica.

in erster Linie durch das massenhafte Erscheinen der Nummuliten, linsen- bis thalergrosser, scheibenförmiger, im Innern complicirt gekammerter Foraminiferen ausgezeichnet (**76**, 5—8). Vereinzelt schon in älteren Formationen erscheinend, erlangen diese Riesen unter den Foraminiferen, die ein interessantes Gegenstück in den obercarbonen Fusulinen besitzen, mit Beginn des Alttertiär plötzlich eine ganz ungeheure Entwickelung, so dass sie in milliardenfältiger Zusammenhäufung mächtige Gesteinsfolgen aufbauen, um indess schon in der Unteroligocänzeit wieder zu verschwinden. Ausserdem unterscheidet sich die marine Fauna des südlichen Eocän noch durch die verhältnissmässige Grösse ihrer Conchylien, durch riffbildende Korallen und eine Fülle von Seeigeln (*Conoclypeus* [**76**, 1], *Echinolampas*, *Macropneustes* u. a.).

In Frankreich sind namentlich bei Biarritz am Fusse der Pyrenäen und bei Nizza sehr versteinerungsreiche Nummulitenschichten bekannt, in der Schweiz bei Appenzell und in der Gegend von Einsiedeln. In den bayerischen Alpen bilden die oolithischen Eisensteine

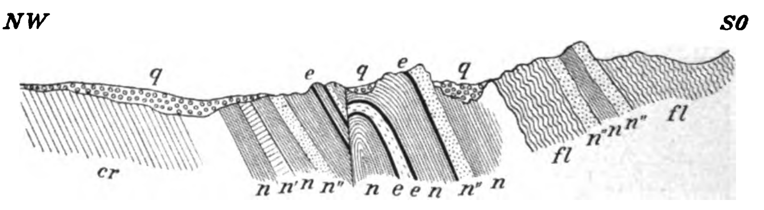


Fig. 85. Profil durch die Schichten des Kressenberges in den oberbayerischen Alpen. Nach Gümbel.

cr obercretacische Mucronatenschichten. *n* Nummulitenschichten. *n'* Numm.-Kalk, *n''* Numm.-Sandstein, *e* Eisensteinlager. *fl* Flysch. *q* Quartär.

des Kressenberges bei Traunstein mit zahlreichen Nummuliten (*N. laevigatus, complanatus, perforatus, Ramondi* u. a.), *Conoclypeus conoideus*, *Cerithium giganteum, Nerita Schmideliana, Ostrea flabellata, Crassatella plumbea* und anderen Arten des Pariser Grobkalkes eine bekannte Fundstelle von Versteinerungen der Nummulitenfacies des Eocän. *Nautilus ziczac* (**73**, 7), zahlreiche Krabben-, Fisch- und Reptilreste bilden andere interessante Bestandtheile dieser Fauna. Wie das nebenstehende Profil zeigt, treten bei Kressenberg in Begleitung der Eisensteine auch nummulitenführende Kalke und Sandsteine sowie der weiter unten zu besprechende Flysch auf.

Noch viel reicher an mannigfaltigen und schön erhaltenen Conchylien, Seeigeln, Krabben und Korallen sind die ebenfalls der Nummulitenfacies angehörigen Kalke und Basalttuffe der vicentinisch-veronesischen Alpen. Der dem Eocän zufallende Theil dieser Schichtenfolge lässt sich gliedern in:

4. Nummulitenschichten von San Giovanni Ilarione mit *N. perforatus* und *complanatus, Assilina spira* etc.
3. Ronca-Schichten. Eruptivtuffe mit sehr reicher, der des Pariser Grobkalks ähnlicher Fauna.
2. Helle schieferige Kalke vom Monte Bolca mit grossen, herrlich erhaltenen Palmenresten und massenhaften Fischskeleten.
1. Spilecco-Schichten. Rothe basaltische Tuffe mit *Numm. spileccensis*, Brachiopoden u. s. w.

Dass die Nummulitenbildungen auch im Apennin, in den Karpathen, in Griechenland, in der Krim u. s. w. eine grosse Verbreitung besitzen, ist bereits früher hervorgehoben worden. In Siebenbürgen gliedern sie sich nach Ant. Koch[1]) wie folgt:

Obereocän.

8. Bryozoenschichten. Thonmergel mit überaus reicher mariner Fauna (*Serpula spirulaea* [**76**, 3], *Cardita Laurae, Pecten Thorenti, Spondylus Buchi, Ostrea flabellulata, Terebratulina, Cidaris, Schizaster, Nummulites* etc.).
7. Intermedius-Schichten. Mergelige Kalke mit *Numm. intermedius* und zahlreichen Mollusken und Echinodermen.

Mitteleocän.

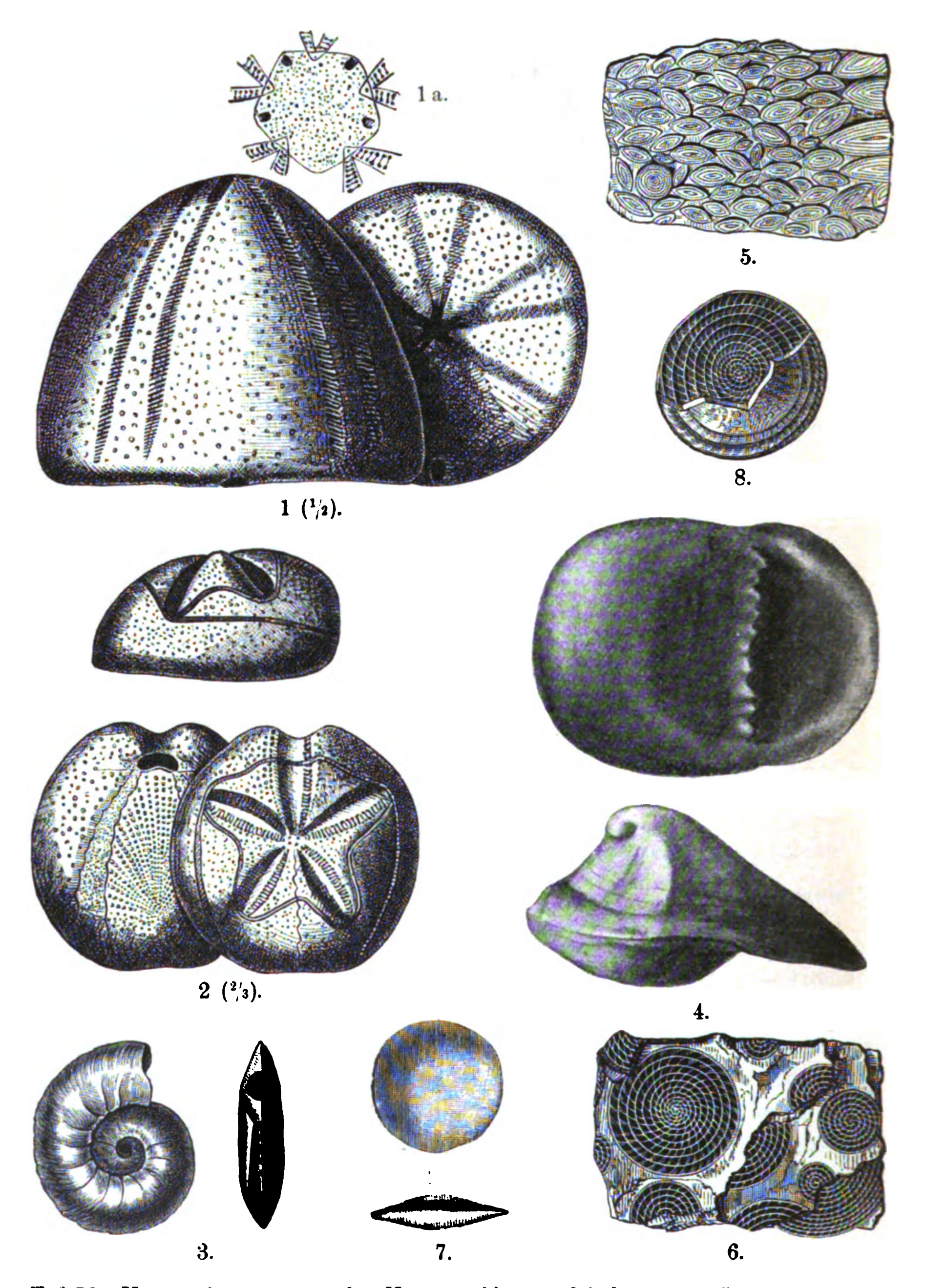
6. Oberer Grobkalk = Klausenburg. Schichten mit reicher, der des Pariser Grobkalks sehr ähnlicher Fauna.
5. Mittlerer Süsswasserkalk und bunte Thonschichten mit Krokodilresten etc.
4. Unterer Grobkalk mit Ostreen, Seeigeln, Alveolinen, Milioliden, Haifischzähnen u. s. w.
3. Perforatus-Schichten mit *Numm. perforatus, contortus, strictus, variolarius* u. a., Ostreen, der grossen (auch in Turkestan und im Tarymbecken sehr verbreiteten) *Gryphaea Esterhazyi* u. s. w.

Untereocän.

2. Unterer Süsswasserkalk mit Planorben, Paludinen, massenhaften *Chara*-Früchten u. a.
1. Untere bunte Thonschichten. Ueber 1000 m mächtige, lebhaft rothe fossilfreie Thone, discordant auf oberer Kreide aufruhend.

Neben der vorherrschend kalkigen Nummulitenfacies läuft in der ganzen südlichen Eocänregion noch eine sehr abweichende sandig-schieferige Facies einher, der sogen. Flysch der Schweizer Alpen oder Macigno der Seealpen und Apenninen. Es sind das — ebenso wie der S. 418 u. 443 besprochene cretacische Flysch — ausserordentlich mächtige, einförmige graue Sandsteine und Schiefer, die von organischen Resten fast nur Fucoiden (*Chondrites Targonii* etc.) enthalten. Derartige Gesteine sind in inniger Verbindung mit Nummulitenschichten in den ganzen Alpen, im Apennin, ferner in ausserordentlicher Entwickelung in den

[1]) Tertiärbild. Siebenb. Jahrb. d. k. ung. geol. Anst. X, 1894.



Taf. 76. Versteinerungen der Nummulitenschichten. 1. *Conoclypeus conoideus* Gf. 1 a. Scheitelapparat vergr. 2. *Linthia Herberti* Cott. 3. *Serpula spirulaea* Lam. 4. *Nerita (Velates) Schmideliana* Chemn. 5. Gesteinsstück mit Querdurchschnitten von *Nummulites Lucasanus* Defr. 6. Desgl. mit Längsdurchschnitten von *Nummulites distans* Pusch. 7. *Nummulites laevigatus* Lam. 8. *Nummulites (Assilina) exponens* Sow.

Karpathen, in Istrien, Dalmatien, Bosnien, Griechenland, dem Kaukasus, Kleinasien und durch ganz Südasien hindurch verbreitet und vertreten nicht nur das Eocän, sondern, ohne dass eine sichere Scheidung möglich wäre, auch das Oligocän.

Der Flysch Liguriens ist ausgezeichnet durch das massenhafte Vorkommen von stockförmigen Diabasen, Gabbros und Serpentinen.

Eine andere, noch bemerkenswerthere Erscheinung bilden die sogen. exotischen Blöcke des Flysches. Es sind das zum Theil ausserordentlich umfangreiche ihm eingelagerte Massen von Granit, Gneiss, Porphyr und anderen krystallinen Gesteinen, die petrographisch von denen der Alpen verschieden sind. Nach Gümbel wären diese Blöcke durch Flüsse aus dem „vindelicischen Gebirge" ins Flyschmeer hineingetragen worden, jenem hypothetischen Gebirge, das während der ganzen mesozoischen Zeit im Norden des heutigen Alpengebiets bestanden hätte und erst gegen Ende der Alttertiärzeit infolge von Abtragung und Versenkung verschwunden wäre. Nach einer anderen Hypothese wären die exotischen Blöcke gleich den vielbesprochenen „Klippen" des Thuner- und Vierwaldstättersees als Ueberreste einer grossen, zu Ende der Alttertiärzeit eingetretenen Ueberschiebung des vindelicischen Gebirges über die ihm im Süden vorliegenden tertiären Ablagerungen aufzufassen [1]).

Aussereuropäisches Eocän.

Ueber dieses können nur einige kurze Bemerkungen Platz finden.

Afrika. Hier besitzt die Nummulitenfacies eine ungemein grosse Verbreitung. So in Algerien und in Aegypten, wo Nummulitenkalke das Hauptbaumaterial für die Pyramiden geliefert haben und Mokattam bei Kairo seit langer Zeit als Fundort für herrlich erhaltene Seeigel und Krabben berühmt ist. Eine ausserordentliche Fülle von alteocänen Versteinerungen birgt auch die libysche Wüste. Man kann dort wie in Aegypten eine tiefere untereocäne libysche Stufe von einer mitteleocänen Mokattam-Stufe trennen. Beide sind marin, während das Obereocän dort nur durch Brack- und Süsswasserablagerungen vertreten ist [2]). Auch auf Madagaskar sowie in Deutsch-Ostafrika sind Nummulitenkalke entwickelt.

Asien. Hier sind im ganzen Süden des Continentes, von Kleinasien und Arabien bis nach dem malayischen Archipel, sowohl Flysch als auch Nummulitenbildungen sehr verbreitet. So finden sich auf Java

---

[1]) Vergl. K. Schmidt im Livret-guide zu den Excursionen des internat. Geol.-Congr. zu Zürich, 1894, S. 123.

[2]) Blanckenhorn, Z. d. d. geol. Ges. 1900, S. 401.

Kalke mit *Numm. javanus*, Assilinen, Orbitoiden und *Conoclypeus*. Aus Birma ist *Nerita Schmideliana* bekannt geworden. Das Vorkommen von *Gryphaea Esterhazyi* in Centralasien ist bereits S. 475 erwähnt worden.

Australien. Alteocäne Meeresablagerungen mit *Conoclypeus* und anderen Fossilien sind im Norden des Landes sowie in Tasmanien und Neuseeland bekannt.

Nordamerika. Das Alttertiär bildet hier einen breiten von New-Jersey über Florida bis nach Texas reichenden, die Küste umsäumenden Streifen, ist aber auch im Innern des Landes (Wyoming u. s. w.) sowie an der pacifischen Küste entwickelt[1]. Dall theilt die eocänen Bildungen Nordamerikas in drei Gruppen: das Chickasawan, das Claibornian und das Jacksonian, entspechend dem Unter-, Mittel- und Obereocän.

An der atlantischen Küste gehören dem Untereocän an die braunkohlenführende Aquia Creek- und die Woodstockstufe[2] mit zahlreichen Austern, *Cucullaea gigantea* Conr., *Cardita planicosta, Nautilus (Aturia) ziczac* u. s. w. Die Claiborn- und Jacksonschichten sind besonders in Alabama entwickelt, wo die letztgenannten die bekannten *Zeuglodon*-Reste einschliessen.

In Wyoming und den angrenzenden Gebieten Colorados u. s. w. ist das Eocän durch mächtige Süsswasserablagerungen vertreten. Dem Untereocän (vielleicht zum Theil noch dem Paleocän) gehören die Wasatchschichten mit einer reichen Säugethierfauna mit *Coryphodon, Phenacodus, Hyracotherium, Eohippus, Esthonyx* u. s. w. an, dem Mitteleocän die Bridger (Green River)-Schichten mit riesigen Amplypoden (*Uintatherium, Tinoceras* etc.), dem Obereocän endlich die Uinta-Schichten (nach dem gleichnamigen Gebirge) mit zahlreichen Ungulaten (*Diplacodon* etc.), Creodonten u. s. w.

Mittel- und Südamerika. In Mexico sind Nummulitenkalke, auf den westindischen Inseln neben solchen auch flyschartige Gesteine entwickelt.

III. Oligocän.

War Deutschland mit alleiniger Ausnahme des auf die Alpen entfallenden Theiles während der ganzen Eocänzeit Festland, so wurde mit Beginn der oligocänen Epoche ein sehr grosser Theil von Norddeutsch-

[1] Dana, Manual of Geology, 4. ed., 1895. — W. Dall, Table of N. Amer. tertiary horizons (18. ann. rep. U. St. Geol. Surv. 1898).

[2] W. B. Clark, Eoc. depos. Maryland etc. Bull. U. St. Geol. S. 141, 1896.

land vom Meere überfluthet. Von den Gestaden der heutigen Ost- und Nordsee erstreckte es sich bis in die Gegend von Stargard, Frankfurt a. d. O., Cottbus, Leipzig und Aschersleben, von dort um den Harz herum und mit einer tiefen Bucht bis über Cassel hinaus; weiter bis in die Gegend von Lemgo, Osnabrück und Düsseldorf, von wo es in die Köln-Bonner Rheinbucht eindrang. Nach Westen zu setzte sich dieses Meer nach den Niederlanden und Belgien fort und stand hier mit dem Paris-Londoner Becken in Verbindung; nach Osten dagegen reichte es über Polen nach Südrussland, ja nach Asien (mar. Olig. am Aralsee) hinein.

Das ausgedehnte Eocänmeer Südeuropas bestand auch in der Oligocänzeit fort; ja es drang aus der nördlichen Schweiz in die damals schon bestehende oberrheinische Tiefebene ein und erfüllte sie bis in die Gegend von Frankfurt und Wiesbaden. In der Zeit der grössten oligocänen Meeresverbreitung, während des Mitteloligocän, bestand sogar eine ununterbrochene Verbindung zwischen dem Nord- und Südmeere, die von Cassel über Ziegenhain, Marburg und das Gebiet des heutigen Vogelsberges nach dem Mainzer Becken führte.

Nord- und mitteleuropäisches Oligocän.

Das Studium des Oligocän ist ausgegangen von der Gegend von Berlin, wo 1847 bei Hermsdorf ein an marinen Versteinerungen, besonders an *Pleurotoma*-Arten sehr reicher Thon entdeckt wurde. Dieser Septarienthon (so benannt nach den darin häufig vorkommenden Septarien, grossen, im Inneren von Rissen durchzogenen Kalkconcretionen) wurde von E. Beyrich sammt seinem belgischen Aequivalente, dem Rupelien supérieur Dumont's, zum Centralgliede des Oligocän, zum Mitteloligocän gemacht. Ins Unteroligocän wurden verwiesen die Thone von Latdorf unweit Bernburg und Egeln bei Magdeburg mit einer der Hermsdorfer ähnlichen, aber zum grossen Theil aus anderen Arten bestehenden, vollständig der des belgischen Tongrien inférieur entsprechenden marinen Fauna. Oberoligocän endlich wurden die Meeressande von Neuss, Krefeld und anderen Punkten der Rheingegend, ferner die des Doberges bei Bünde in Westfalen, von Cassel und die sogen. Sternberger Kuchen. Diese letzten sind kalkig-sandige eisenschüssige, mit Molluskenresten erfüllte Concretionen, die als Diluvialgeschiebe namentlich in der Gegend von Sternberg in Mecklenburg sehr verbreitet und lange bekannt sind, während das anstehende Gestein erst viel später in der Gegend von Parchim aufgefunden worden ist. In Belgien ist das Oberoligocän nicht vertreten [1]).

[1]) Als wichtigste Literatur über das deutsche Oligocän seien hier ausser den schon S. 459 namhaft gemachten beiden Aufsätzen Beyrich's noch genannt: Beyrich,



Darnach lassen sich die oligocänen Schichten **Norddeutschlands und Belgiens** folgendermaassen gliedern:

	Norddeutschland	Belgien
Oberoligocän (Aquitanien)	Sternberger Gestein Sande von Cassel, Bünde u. s. w.	—
Mitteloligocän (Tongrien)	Septarien- oder Rupelthon und Stettiner Sand —	Thone des Rupelien sup. Sande " " inf. Tongrien supérieur
Unteroligocän (Ligurien)	Thone von Egeln-Latdorf	Tongrien inférieur

Zu dieser Tabelle ist zu bemerken, dass der Stettiner Sand nur eine örtliche, übrigens auch bei Buckow, Magdeburg, Leipzig, Söllingen, im Braunschweig'schen und anderweitig entwickelte, sandige Facies des Septarienthones darstellt. Der Ausdruck Rupelthon ist gleichbedeutend mit Septarienthon und wurde von A. v. Koenen im Anschluss an die Dumont'sche Bezeichnung Rupelien gebildet.

Das belgische, dem norddeutschen im Allgemeinen sehr ähnliche Oligocän unterscheidet sich von diesem besonders dadurch, dass — wie die brackische Beschaffenheit des Tongrien supérieur zeigt — dort statt der ausschliesslich marinen Entwickelung ein Wechsel von marinen und Süsswasserbildungen vorhanden ist. Ein anderer Unterschied liegt darin, dass das belgische Oligocän zwischen marinem Eocän und Miocän eingeschaltet ist, ein Umstand, der für die Auffassung von der stratigraphischen Stellung des Oligocän von grösster Wichtigkeit ist.

In Deutschland haben wir nirgends eine solche unmittelbare Unter- und Ueberlagerung des Oligocän durch marine Schichten. Das Oligocän stellt hier vielmehr im Allgemeinen die älteste bekannte Tertiärbildung

---

Ueber d. Zusammenhang d. norddeutsch. Tertiärb. Abh. d. Berl. Ak. 1856. — Derselbe, Ueber d. Abgrenz. d. oligoc. Tert. Ebend. 1858. — v. Koenen, Ueber d. Parallelis. d. nordd., engl. u. französ. Oligoc. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1867, S. 23. — Die Paläontologie behandeln: Beyrich, Die Conchyl. d. nordd. Tert. Zeitschrift d. deutsch. geol. Ges. 1853—1856. — Speyer, Oberoligoc. von Cassel. Paläontogr. 1862 u. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1884. — Derselbe, Mitteloligoc. v. Söllingen i. Braunschw. Paläontogr. 1864. — Giebel, Fauna v. Latdorf. Halle 1864. — v. Koenen, Das mar. Mitteloligoc. Norddeutschl. Paläontogr. 1868 u. 1869. — Derselbe, Das nordd. Unterolig. u. seine Molluskenfauna. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. Bd. X, 1889—1894.

dar, und die grosse Zerrissenheit der nur hie und da in weiten Zwischenräumen aus der mächtigen Diluvialdecke hervortretenden, meist sehr beschränkten Tertiärvorkommen macht die Ermittelung ihres Zusammenhanges und ihrer gegenseitigen stratigraphischen Beziehungen sehr schwierig. Auch ist an den meisten Punkten nur ein einziger Horizont vertreten. Eine Ausnahme macht der oben genannte Doberg, wo Unter-, Mittel- und Oberoligocän über einander vorhanden sind. Auch neuere in der Mark ausgeführte Tiefbohrungen haben alle drei Stufen durchsunken.

Von der Lagerung und Zusammensetzung der oligocänen Schichten in der Mark Brandenburg giebt das folgende, sich wesentlich auf die Ergebnisse von Tiefbohrungen stützende Idealprofil eine Vorstellung [1]:

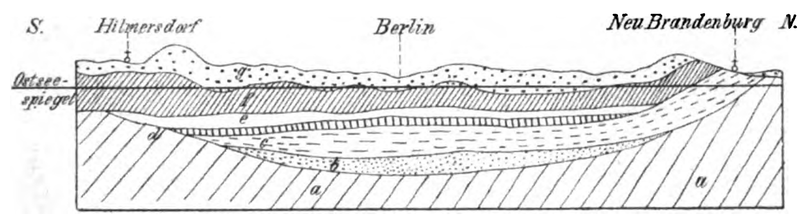


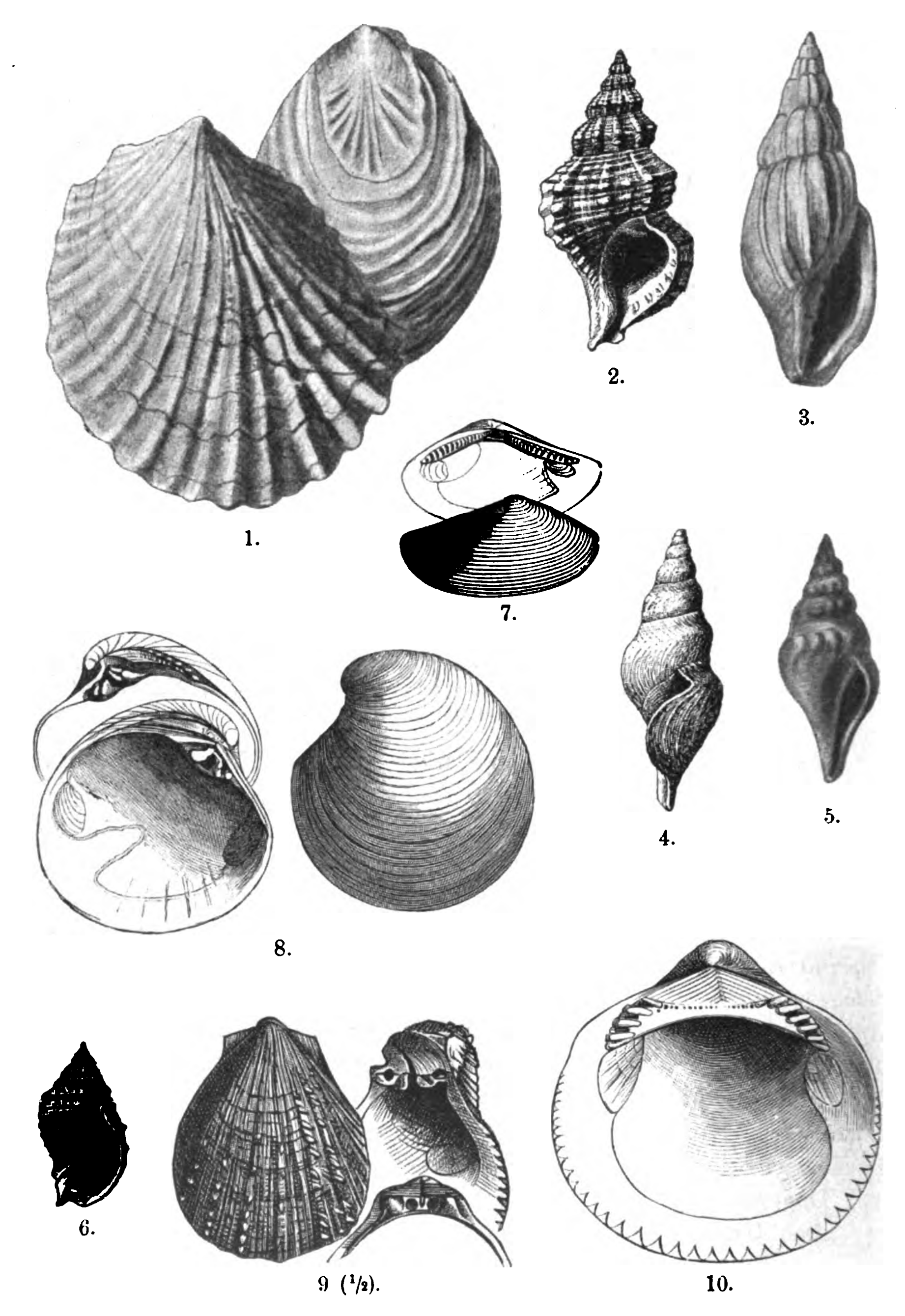
Fig. 86. Profil durch die Tertiärschichten der Mark Brandenburg. Nach G. Berendt.

a Aelteres Gebirge. *b* Unteroligoc. Glauconitsand. *c* Mittelolig. Septarienthon. *d* Desgl. Stettiner Sand. *e* Oberolig. Quarz- bis Glimmersand. *f* Miocäne Braunkohlenbildungen. *g* Diluvium.

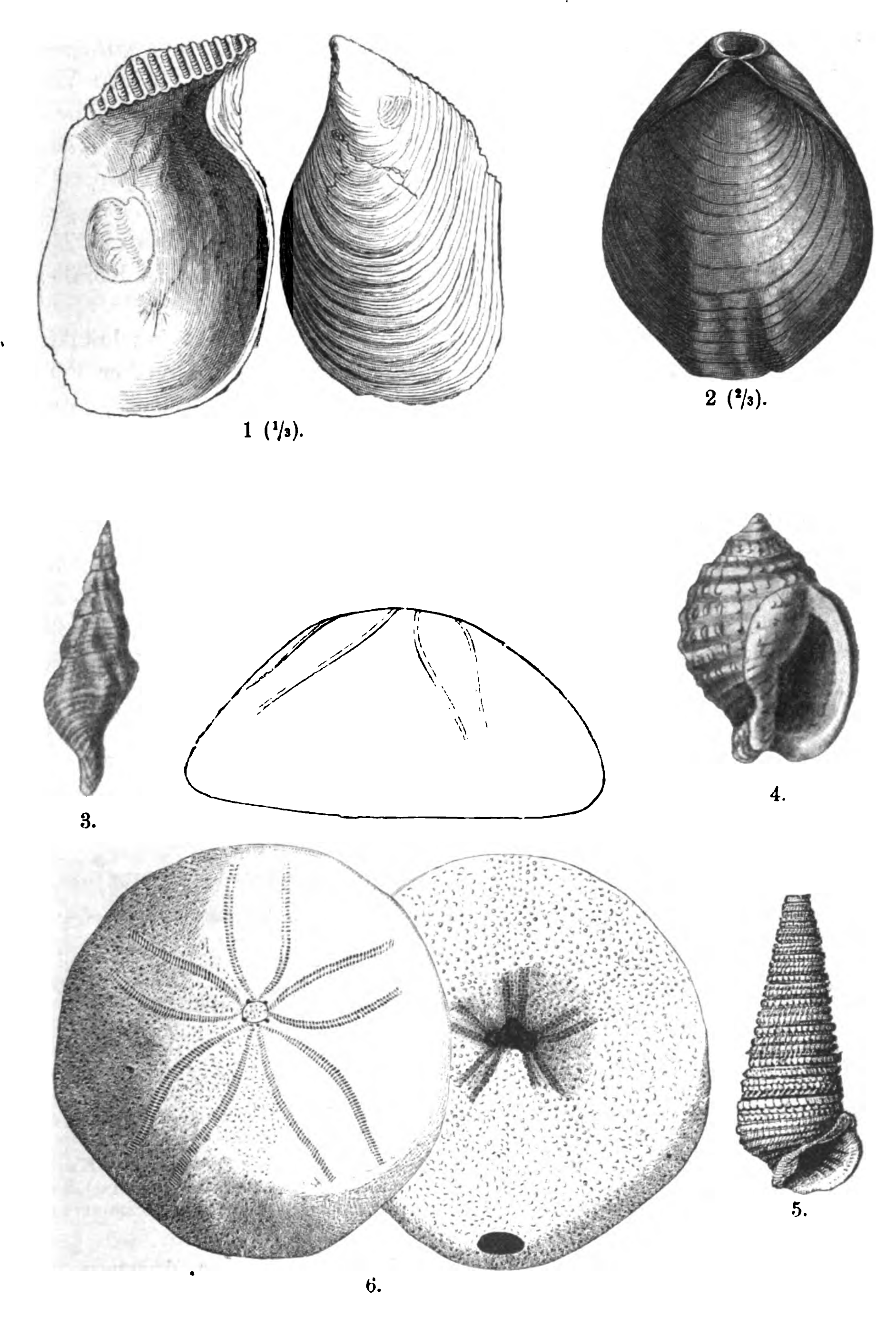
Am verbreitetsten ist in **der Mark** und ganz **Nord- und Mitteldeutschland** der Septarienthon (ausser dem schon genannten Hermsdorf sind bekannte Versteinerungsfundpunkte Buckow, Freienwalde und Joachimsthal). Eine der wichtigsten, auch in Belgien, Hessen und im Mainzer Becken wiederkehrende Art ist *Leda Deshayesiana* (77, 7); ausserdem seien noch *Nucula Chasteli, Axinus obtusus* und *unicarinatus, Cyprina rotundata, Pleurotoma Selysii* (77, 5), *Duchasteli, scabra, turbida, regularis* u. a., *Fusus Konincki, multisulcatus* und *elongatus, Aporrhais speciosa* und *Dentalium Kickxii* genannt. Fast überall schliesst der Septarienthon Foraminiferenreste ein. Seine Mächtigkeit beträgt bei Halle und Leipzig nur einige 20, bei Spandau (Bohrungen) 172 m. Nach seiner Fauna darf man annehmen, dass er in geringer, etwa der Laminarien- und Nulliporenzone entsprechender Tiefe abgelagert worden ist. Dagegen ist der Stettiner Sand eine Litoralbildung.

Das Unteroligocän ist in der Mark nur durch Tiefbohrungen

[1]) Vergl. G. Berendt, D. Tertiär i. Bereiche d. M. Brandenburg. Sitzungsberichte d. Berl. Akad. 1885. — Derselbe, Die bisher. Aufschlüsse d. märk.-pommerschen Tertiärs. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. 1886. — Vergl. auch Fiebelkorn, Geol. Ausflüge d. Umg. v. Berlin, 1896, S. 301 und Wahnschaffe, Oberflächengestaltung d. nordd. Flachlandes, 1901.



Taf. 77. Oligocäne Mollusken. 1. *Ostrea ventilabrum* GOLDF. 2. *Triton flandricus* DE KON. 3. *Voluta decora* BEYR. 4. *Pleurotoma belgica* NYST. 5. *Pl. Selysii* DE KON. 6. *Buccinum cassidaria* AL. BRAUN. 7. *Leda Deshayesiana* DUCH. 8. *Cytherea incrassata* SOW. 9. *Spondylus tenuispina* SANDB. 10. *Pectunculus obovatus* LAM.



Taf. 78. Oligocäne Versteinerungen. 1. *Perna Soldani* Desh. 2. *Terebratula grandis* Blumenb. 3. *Fusus elongatus* Nyst. 4. *Cassis Rondeleti* Bast. 5. *Cerithium margaritaceum* Brocchi. 6. *Echinolampas Kleini* Goldf.

und in wenig versteinerungsreicher Gestalt (nur mit *Ostrea ventilabrum* [77, 1]) bekannt geworden. Dagegen enthalten die gleichaltrigen Vorkommen von Latdorf und Egeln eine grosse Menge wohl erhaltener Conchylien, unter denen als besonders verbreitet *Ostrea ventilabrum, Pecten bellicostatus, Spondylus Buchi, Cardita Dunkeri, Leda perovalis, Astarte Bosqueti, Arca appendiculata, Buccinum bullatum, Triton flandricus* (77, 2), *Fusus elongatus* (78, 3), *Voluta decora, Pleurotoma Bosqueti, Beyrichi* u. a. genannt sein mögen. Auch vereinzelte Korallen, Nummuliten, Fischreste u. s. w. kommen vor.

Das Oberoligocän tritt in der Mark nur in sehr beschränkter Weise zu Tage. In sehr ausgezeichneter, versteinerungsreicher Form dagegen ist es am schon öfters genannten Doberge bei Bünde [1]) sowie in der Gegend von Cassel (Wilhelmshöhe, Hohenkirchen, Kaufungen u. s. w.) vorhanden. Am Doberge sind besonders schöne Seeigel (*Echinolampas Kleini* [78, 6], *Spatangus* [*Maretia*] *Hofmanni*), *Pectunculus obovatus* (77, 10) und *Philippii* und die grosse *Terebratula grandis* (78, 2) häufig; bei Cassel ausser diesen Mollusken noch *Cyprina rotundata, Pecten janus, Muensteri* und *subdecussatus, Cardium cingulatum, Arca Speyeri, Pleurotoma subdenticulata* und *Duchasteli, Triton flandricus* u. s. w.

Die früher für unteroligocän gehaltenen Braunkohlenbildungen der Mark, Priegnitz und Mecklenburgs haben sich als miocän erwiesen [2]). Dagegen gehören die Braunkohlenbildungen der Hallischen Gegend (thüringischen Bucht [3]) dem Unteroligocän an, wie sich aus dem folgenden Profile ergiebt:

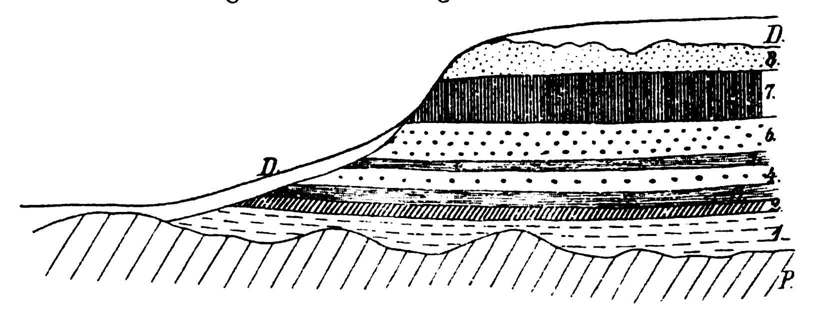


Fig. 87. Profil durch die oligocänen Braunkohlenbildungen der Gegend von Halle a. d. Saale. Nach H. Laspeyres.

P Aelteres Gebirge (Porphyr). *1—5* Unteroligocäne Braunkohlenbildungen: *1* Kapselthon. *2* Braunkohlenquarzit (Knollenstein). *3* Unterflötz. *4* Stuben- (Quarz-) Sand. *5* Oberflötz. *6* Mitteloligocän. Sand. *7* Septarienthon. *8* Form- oder Glimmersand. *D* Diluvium.

---

[1]) E. Lienenklaus, Oberolig. Fauna d. Doberges. 8. Jahresber. d. naturw. Ver. Osnabrück, 1891.

[2]) Berendt, a. a. O.

[3]) Die reiche fossile Flora derselben behandelt Friedrich, Beitr. z. Kenntn. d. Tertiärflora d. Prov. Sachsen. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1883.

Dem Unteroligocän dieses selben sächsisch-thüringischen Beckens gehört auch die merkwürdige Wachskohle (Pyropissit) der Gegend von Weissenfels und Zeitz an, eine sehr parafinreiche, den Uebergang zu den Harzen bildende Braunkohle von grosser Leichtigkeit und hellbräunlicher bis gelblicher Färbung.

Noch etwas älter als die besprochenen sind die von marinem Unteroligocän überlagerten subhercynen Braunkohlenbildungen der Gegend von Helmstedt, Latdorf, Egeln, Aschersleben u. s. w. In der Leipziger Gegend sind sowohl unteroligocäne (unmittelbar auf Paläozoicum aufliegende und von marinem Mitteloligocän bedeckte) als auch miocäne Braunkohlen entwickelt [1]. Aehnlich verhält es sich in Hessen; denn während auch hier die grosse Masse der Braunkohlen dem Miocän angehört, liegen einige Vorkommen (Kaufungen bei Cassel, Lichtenau u. s. w.), wie schon BEYRICH nachwies, unter dem Septarienthon.

Eine andere sehr bemerkenswerthe oligocäne Braunkohlenbildung stellen die bernsteinführenden Ablagerungen des Samlandes bei Königsberg [2] dar. Ihr unterer Theil besteht aus phosphoritführenden bernsteinarmen Glauconitsanden, die an der Basis die etwa $1^1/_2$ m mächtige bernsteinreiche sogen. blaue Erde einschliessen und eine reiche, besonders aus Seeigeln, Krustern und Haifischen, daneben auch aus Mollusken bestehende Fauna unteroligocänen Alters enthalten (*Ostrea ventilabrum* [77, 1], *Cardium cingulatum, Pect. bellicostatus, Voluta suturalis, Fusus Sandbergeri, Triton flandricus* etc. [3]). Der obere Theil der Schichtenreihe setzt sich aus Sanden, Thonen und Braunkohlen zusammen.

Das grosse Interesse des Bernsteines — des fossilen Harzes verschiedener Fichten, besonders von *Pinus succinifera* — beruht auf den massenhaften in ihm eingeschlossenen, in einzig dastehender Vollständigkeit und Feinheit erhaltenen Insecten, Spinnen und Pflanzenresten. Die Zahl der ersten wird auf 2000 geschätzt, von Pflanzen hat CONWENTZ [4]) allein über 100 Dicotylen beschrieben. Neben vier Palmenarten (darunter ein *Phoenix*) finden sich Magnolien, *Cinnamomum, Laurus, Sequoia, Taxodium, Thuja,* ausserdem *Quercus, Acer* u. s. w.

Der samländische Bernstein liegt übrigens auf secundärer Lager-

---

[1]) HERM. CREDNER, Das Oligoc. d. Leipziger Kreises. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1878.

[2]) ZADDACH, D. Tertiärgeb. d. Samlandes. Schr. d. phys. öcon. Ges. Königsberg, 1868. — JENTZSCH, ebend. 1876.

[3]) NÖTLING, Fauna d. saml. Tert. Abh. d. pr. geol. Landesanst. 1885—1888. — v. KOENEN, Revis. d. Molluskenfauna in: Nordd. U. Oligoc. Lief. VI, 1894.

[4]) Die Flora d. Bernsteins etc. Bd. I. (Die Bernsteinconiferen, bearb. von GÖPPERT u. MENGE) 1888; Bd. II (Die Angiospermen, von H. CONWENTZ) 1886. — Vergl. ferner CONWENTZ, Monogr. d. balt. Bernsteinbäume. Danzig 1890.

stätte, eingeschwemmt in die blaue Erde — seine ursprüngliche Lagerstätte ist unbekannt — und ist (auch nach seinen thierischen und pflanzlichen Einschlüssen) sehr wahrscheinlich eocänen Alters.

Auch der untere Theil der böhmischen Braunkohlenbildungen gehört dem Oligocän (Mittel- und Oberol.) an.

Eine Mittelstellung zwischen dem nord- und süddeutschen Oligocän nimmt das **Mainzer Becken** ein[1]). Ausser dem engeren Gebiete von Mainz-Frankfurt-Wiesbaden, dem Rheingau und Rheinhessen gehören hierher auch die anschliessenden Tertiärbildungen der Wetterau und der unteren Maingegend bis nach Aschaffenburg, sowie die Rheinebene von Darmstadt aufwärts durch das Elsass bis nach Basel und Belfort. Unteroligocäne Bildungen finden sich nur ganz im Süden, im Elsass, und nur in limnischer Gestalt. Erst mit Beginn der Mitteloligocänzeit wurde das ganze Gebiet vom Meere überfluthet. Sehr bald begann indess das Becken brackisch zu werden, um später in einen grossen Süsswassersee überzugehen. Nur die tieferen Theile der Schichtenfolge gehören dem Oligocän an, während die höheren ins Miocän und zum Theil sogar ins Pliocän hinaufreichen.

Im Norden des Mainzer Beckens, bei Frankfurt und in Rheinhessen, gliedern sich die oligocänen Bildungen von unten nach oben folgendermaassen:

Mitteloligocän.

Meeressand, sehr versteinerungsreich bei Weinheim unweit Alzey in Rheinhessen und Waldböckelheim a. d. Nahe, nach den Rändern des Beckens allmählich in grobe Conglomerate (Küstencongl.) übergehend. *Ostrea callifera, Pectunculus obovatus* (77, 10), *Cytherea incrassata* (77, 8), *Natica crassatina, Spondylus tenuispina* (77, 9) etc. Reste der Meeressirene *Halitherium Schinzi.*

Septarienthon (Flörsheim am Main etc.) mit *Leda Deshayesiana* (77, 7), Fischen, vielen Foraminiferen u. s. w. In Bohrlöchern bis gegen 140 m mächtig.

Cyrenen-Mergel und -Sand, zum Theil braunkohlenführend, schon etwas brackisch. *Cyrena semistriata = subarata, Cerithium (Potamides) plicatum* und *margaritaceum* (78, 5), *Perna Sandbergeri, Buccinum cassidaria* (77, 6). Von Säugethierresten kommen hier *Anthracotherium* und *Hyopotamus* vor. Pflanzenreste finden sich in den fluviatilen Schleichsanden von Seckbach (b. Frankf.) u. s. w. Die ganze Stufe wird gegen 200 m mächtig.

Oberoligocän.

Cerithien-Schichten, brackische, bald mehr sandige, bald mehr kalkige Bildungen mit zahlreichen *Cerithium plicatum, submargaritaceum* u. a., *My-*

[1]) Fr. Sandberger, Die Conchylien d. Mainzer Tertiärbeckens, 1863. — Lepsius, Das Mainzer Becken, 1883 (m. geolog. Uebersichtskarte). — Vergl. auch die von C. Koch bearbeiteten Blätter der Gegend von Wiesbaden und Frankfurt der geologischen Specialkarte von Preussen und die zugehörigen Erläuterungen. — Kinkelin, Tert.- u. Diluv.-Bildungen des Untermainthales. Abh. d. pr. geol. Landesanst. 1892.



tilus Faujasi, Perna Soldani (78, 1) etc. Eine interessante örtliche Bildung ist der Landschneckenkalk von Hochheim mit zahlreichen Arten von *Helix* etc.; eine andere der fluviatile Blättersandstein von Münzenberg (Wetterau) mit Resten von *Sabal, Cinnamomum, Laurus, Acer, Fagus, Ulmus, Pinus* u. s. w.

Ein Aequivalent dieser letzten, von Sandberger als miocän classificirten Schichten stellen nach v. Koenen gewisse von der Wetterau an durch die ganze hessische Senke bis nach Cassel verbreitete Quarzsande, Kiese, Thone und Knollensteine (sogen. Braunkohlensandsteine) dar.

Im **Elsass** sind, wie schon bemerkt, auch unteroligocäne Ablagerungen entwickelt; und zwar gehören dazu die wichtigen Petroleumsandmergel von Pechelbronn und Lobsann und die sie bedeckenden, schwache Braunkohlenlager einschliessenden Süsswasserkalke. Bemerkenswerth ist das Vorkommen von Gyps und Steinsalz (Bohrloch bei Dornach, Soolquelle bei Sulz u. d. Wald) in den unteren Sandmergeln. Ueber diesen Ablagerungen folgen mitteloligocäne, am Rande der Vogesen und des Schwarzwaldes in Strand-(Küsten-)Conglomerate übergehende Meeressande mit *Natica crassatina, Ostrea callifera, Pectunculus obovatus* und anderen Arten des Mainzer Meeressandes. Oertlich sind auch thonige Absätze mitteloligoc. Alters bekannt; wichtiger sind die an einigen Punkten im Oberelsass vorkommenden bituminösen, feinblätterigen Meletta- und Amphisyle-Schiefer mit zahlreichen Resten von Fischen (besonders *Mel.* und *Amphis.*), auf französischem Boden auch von Palmen [1]).

Gehen wir zu **Baden, Württemberg** und **Bayern** über, so finden wir hier das Oligocän einmal durch ähnliche Bohnerze vertreten, wie sie bereits beim Eocän erwähnt wurden (S. 472). Ja sogar die Hauptmasse der süddeutschen Bohnerzablagerungen (Kandern, Frohnstetten, Tuttlingen u. s. w.) mit *Palaeotherium, Anoplotherium* etc. scheint dem Oligocän anzugehören.

Eine viel grössere Verbreitung besitzen im ganzen Alpenvorlande, in Süddeutschland wie in der Schweiz, hellfarbige mergelige Sandstein- und Conglomeratbildungen, die man schon lange als Mollasse bezeichnet. Nur der älteste Theil dieser mächtigen Schichtenfolge, die untere oder ältere Mollasse, gehört dem Oligocän an, während die jüngere Mollasse miocänen Alters ist. Die ältere Mollasse zerfällt wiederum in eine (in Bayern etwa 450 m mächtige) untere marine Abtheilung, deren Versteinerungen (*Ostrea callifera* und *cyathula, Cyprina rotundata, Cytherea incrassata, Natica crassatina, Pleurotoma Selysii* u. a.) auf Mitteloligocän hinweisen und eine (an 1000 m mächtige) obere brackisch-

[1]) Benecke, Abr. d. Geol. v. Els.-Lothr. 1878, S. 80.

limnische. Diese letzte schliesst vielfach Braunkohlenlager ein — so besonders bei Miesbach in den bayerischen Alpen — und ist, wie *Cyrena semistriata, Cerithium margaritaceum* und *plicatum* und andere z. Th. mit dem Mainzer Becken gemeinsame Arten wahrscheinlich machen, oberoligocänen Alters. Oertlich ist sie als „Blättermollasse", d. h. als Sandstein mit vielen Pflanzenresten (*Cinnamomum, Juglans, Quercus, Betula, Rhamnus* etc.) und Süsswasser- bezw. Landconchylien entwickelt.

In der **Nordschweiz** ist die Entwickelung des dem Oligocän zufallenden Theiles der Mollasse eine sehr ähnliche. Auch hier sondert sich eine älteste marine Bildung ziemlich scharf von einer höheren Süsswasserablagerung. Diese letzte beginnt mit bunten Mergeln, der sogen. rothen Mollasse, die übrigens in ähnlicher Weise auch in Oberschwaben entwickelt ist. Darüber folgen Sandsteine und Conglomerate, die aus ei- bis kopfgrossen Geröllen bestehende sogen. Nagelfluh, die am Rigi und anderweitig eine mächtige Entwickelung erlangt.

Frankreich. Im Pariser Becken folgt unmittelbar über dem mittleren Meeressand von Beauchamp (s. S. 471) ein vielfacher Wechsel von Gypslagern und marinen Mergeln, der Gyps von Montmartre bei Paris. Die Mergel enthalten nur eine spärliche Conchylienfauna (*Pholadomya ludensis, Cardium granulosum* etc.), während die offenbar in brackischen Lagunen gebildeten Gypse die berühmte, von Cuvier beschriebene Säugethierfauna (*Palaeotherium*, *Anoploth.*, *Xiphodon* etc.) einschliessen. Während die französischen Geologen diese im Ganzen einige 50 m starke Schichtenfolge als oberstes Eocän classificiren, betrachten die deutschen sie als Unteroligocän.

Das Mitteloligocän kann man mit den Marnes supragypseuses mit *Limnaeus strigosus* etc. beginnen lassen. Dann folgen Cyrenenmergel mit *Cerith. plicatum*, *trochleare* etc., dann der Kalk von Brie, ein Travertin mit *Limnaeus corneus* etc., weiter die Mollasse von Etrechy, brackische Mergel mit *Ostrea cyathula*, *Cytherea incrassata*, *Cerith. plicatum* etc., dann endlich der bekannte Sandstein von Fontainebleau, eine Litoralbildung mit *Natica crassatina, Cerith. plicatum* und anderen Arten der Meeressande von Alzey und Stettin.

Dem Oberoligocän endlich gehören der Mühlstein von Montmorency und der Kalk von Beauce mit zahlreichen Arten von *Limnaeus, Planorbis, Paludina, Helix* etc. sowie Resten von *Anthracotherium, Aceratherium* u. s. w. an.

Von südfranzösischen Oligocänvorkommen seien nur die bekannten Phosphorite des Quercy erwähnt. Es sind in mancher Hinsicht den Bohnerzablagerungen verwandte, gleich diesen taschen- und spaltenförmige Hohlräume in jurassischen Kalken ausfüllende, thonige, zum Theil von Brauneisenstein begleitete Bildungen, die eine reiche Säuger-

fauna (*Anoplotherium, Palaeotherium, Xiphodon, Cebochoerus, Lophiodon, Hyaenodon, Adapis* u. a.), Reptilien, Batrachier, Schlangen u. s. w. enthalten. Unter den 58 im Ganzen bekannten Gattungen kommen 25 auch im Gyps von Montmartre vor.

Die **englischen,** fast ganz auf die Insel Wight und die Gegend von Hampshire beschränkten Oligocänbildungen bestehen fast ausschliesslich aus brackischen Kalken und Mergeln. Man unterscheidet:

Mittlere Headonschichten mit *Cerith. concavum*, *Cytherea incrassata* etc. Obere Headonschichten mit *Limnaeus longiscatus* etc. Osborneschichten mit *Paludina*, *Melania* etc. Bembridgeschichten: unten Kalk mit *Limnaeus, Planorbis*, Resten von *Palaeotherium, Anoploth.* etc., dann Austerbank, dann Mergel mit *Cyrena* etc. Während diese Ablagerungen dem Unteroligocän entsprechen, wird das Mitteloligocän vertreten durch die Hempstead-Schichten, 50 m mächtige Mergel, die im unteren Theile eine Brackwasserfauna (*Cyrena semistr.*), zuoberst eine rein marine Fauna (*Ostrea callifera* und *cyathula, Voluta Rathieri, Cer. plicatum* etc.) einschliessen.

Diesen Mittheilungen entsprechend lassen sich die Zusammensetzung und gegenseitigen Beziehungen der zuletzt besprochenen oligocänen Schichtenfolgen übersichtlich in folgender Weise darstellen:

	Südengland	Nordfrankreich	Mainzer Becken	Süddeutschland
Oberoligocän (Aquitanien)		Calcaire de Beauce, Meulières de Montmorency	Cerithienschichten	Blättermollasse Untere Brack- u. Süsswassermollasse
Mitteloligocän (Tongrien)	Hempstead beds	Sables et grès supérieurs ou de Fontainebleau Mollasse d'Etrechy Marnes à cyrènes Marnes supragypseuses	Cyrenenmergel Septarien- oder Rupelthon Meeressand von Alzey	Untere Meeresmollasse
Unteroligocän (Ligurien)	Bembridge-Osborne beds Upp. a. middle Headon beds	Gypses et marnes de Montmartre	Süsswasserkalk und Petroleumsandmergel von Pechelbronn im Elsass	

Auch in **Südrussland** besitzt das Oligocän eine weite Verbreitung. So im Dnjepr- und Donjetzgebiete, wo die unteroligocäne Charkowstufe

aus glaukonitischen Sanden besteht, deren reiche Marinfauna mehr als die Hälfte der Arten mit Norddeutschland und Belgien gemein hat[1]), während die mitteloligocäne Poltawastufe aus braunkohlenführenden Thonen und Blättersandsteinen zusammengesetzt ist. Auch im Wolgagebiete, in der Krim sowie im nordwestlichen Russland fehlt es nicht an oligocänen Ablagerungen[2]).

Süd- und aussereuropäisches Oligocän.

Im **Alpengebiete**, im **Apennin**, in den **Karpathen**, in **Ungarn**, auf der **Balkanhalbinsel** u. s. w. wird das Oligocän vorherrschend durch Flyschsandsteine vertreten. Als eine interessante Localfacies des Flysches sind die dachschieferartigen Fischschiefer von Glarus zu erwähnen, die früher dem Eocän zugerechnet, jetzt den mitteloligocänen Amphisylenschichten des Elsass und anderen ähnlichen Ablagerungen (*Meletta*-, *Lepidopides*-Schiefern) Oberbayerns und der Karpathen gleichgestellt werden. Neben dem Flysch spielen in den genannten Gegenden auch Nummulitenkalke mit *Numm. Fichteli*, *Tournoueri*, *striatus*, *contortus* etc. noch eine gewisse Rolle aber nur in den untersten Horizonten der Schichtenfolge.

Durch ungewöhnlichen Versteinerungsreichthum ist die oligocäne Schichtenfolge des vicentinischen Gebietes[3]) ausgezeichnet. Ueber den früher besprochenen eocänen Ablagerungen (S. 475) folgt dort eine viele örtliche Verschiedenheiten aufweisende Gesteinsreihe, deren noch nicht ganz geklärte Aufeinanderfolge etwa folgende ist:

Mitteloligocän.

Castel Gomberto-Gruppe. Eruptivtuffe mit zahlreichen Korallen, *Ostrea callifera*, *Natica crassatina* und anderen Arten des Mainzer und Fontainebleauer Meeressandes.

Unteroligocän.

Montecchio-Gruppe (nach Mont. Maggiore). Basaltische Tuffe mit Lithothamnien, *Clypeaster*, *Ostrea Brongniarti*, *Cytherea incrassata*, *Nummulites Tournoueri*.

Priabona-Gruppe. Zuoberst Bryozoenmergel; darunter Kalke und Mergel mit *Orbitoides papyracea*, *Numm. contortus*, *Assilina striata*, *Euspatangus*, *Serpula spirulaea*.

---

[1]) N. Sokolow, Unterolig. Fauna v. Jekaterinoslaw. Mém. du comité géol. IX, 3, 1894.

[2]) Derselbe, Untertert. Abl. Südrusslands. Ebend. IX, 2, 1893.

[3]) Oppenheim, D. Alttertiär der Colli Berici in Venetien. Z. d. d. g. G. 1896, S. 27. — Vergl. auch Bittner, Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1882, S. 52.



In **Siebenbürgen** folgt auf die früher besprochene eocäne Schichtenfolge (siehe S. 475) nach A. Koch[1]) die nachstehende oligocäne:

Oberoligocän.

7. Schichten von Puszta-Szt. Michály und von Zsombor; die ersten mehr marin, die letzten brackisch und kohlenführend.
6. Corbula-Schichten von Fellegvárer.
5. Süsswasser-Schichten von Forgácskút mit *Anthracotherium*, *Melania*, *Dreissensia Brardi* etc.

Unteroligocän.

4. Fischschiefer von Nagy-Ilonda mit *Meletta crenata*, *Cardium* etc.
3. Marine Mergel und Sandsteine von Mera mit *Scutella subtrigona* mit reicher, der von Castel Gomberto ähnlicher Fauna.
2. Brack- und Süsswasserthone, Sandsteine, Kalke und Braunkohlen von Révkörtvelyes mit *Cerith. margaritaceum* und *plicatum*, *Cyrena semistriata*, *Dreissens. Brardi*, *Natica*, *Fusus* etc.
1. Mergelkalke von Hója. Flachmeerbildung mit *Nummul. intermedius*, *Fichteli*, vielen Schnecken u. s. w.

Als pflanzenreiche oligocäne Braunkohlenablagerungen des alpinen Gebietes seien endlich noch erwähnt die Mergel, Sandsteine und Nummulitenkalke von Häring in Tyrol, die Sotzkaschichten von Südsteiermark, Krain u. s. w. und die von Radoboj in Kroatien, deren Flora Unger beschrieben hat.

In **Nordamerika** wird das Oligocän von W. H. Dall[2]) in eine untere Abtheilung, das Vicksburgian, und eine obere, das Chipolan getheilt. Der unteren gehören die marinen Vicksburg-Schichten Floridas und der angrenzenden Staaten mit zahlreichen Nummuliten (*Numm. floridanus*) und Orbitoiden (*Orb. Mantelli*), *Ostrea georgiana*, *Arca mississippiensis* u. s. w. an. Im Innern des Continentes mögen die im Süden des Uintagebirges verbreiteten lacustren Uinta-Schichten mit Resten von *Diplacodon*, *Epihippus*, *Protoreodon* u. s. w. ein ähnliches Alter haben. Etwas jünger sind die ebenfalls limnischen White River-Schichten Dakotas mit *Titanotherium*, *Mesohippus*, *Oreodon* u. s. w.

In **Centralamerika** sind sowohl auf der Landenge von Panama als auch auf Cuba, Jamaika u. s. w. nummuliten- und orbitoidenreiche Kalke entwickelt, die auf den genannten Inseln zugleich die Korallen von Castel Gomberto einschliessen.

---

[1]) a. o. a. O.

[2]) 18. ann. rep. U. St. Geol. Surv. 1898.

Gliederung des Alttertiärs in einigen Hauptgebieten Europas.

	Norddeutschland	Mainzer Becken	Süddeutschland, Schweiz	Nordfrankreich	Südengland	Süd-Europa
Oberoligocän (Aquitanien)	Sternberger Kuchen Meeressand v. Cassel u. Bünde	Cerithien-Schichten	Untere Brack- und Süsswassermollasse	Kalk von Beauce Mühlstein von Montmorency		Nummuliten-Bildungen Flysch-Bildungen
Mitteloligocän (Tongrien)	Septarien- oder Rupelthon Stettiner Sand	Cyrenenmergel Septarienthon Meeressand v. Alzey	Untere Meeresmollasse	Ober. Meeressand (Sand v. Fontainebleau) Mollasse v. Etrechy etc.	Hempstead-Schichten	
Unteroligocän (Ligurien)	Thone von Egeln-Latdorf	Süsswasserkalk und Petrolsandmergel v. Pechelbronn i. Els.		Gypse und Mergel von Montmartre	Bembridge-Osborne-S. Ob. u. mittl. Headon-S.	
Obereocän (Bartonien)				Mittlerer Meeressand (Sand von Beauchamp)	Unt. Headon-Schichten, Barton-Thon	
Mitteleocän (Lutétien oder Parisien)				Pariser Grobkalk	Bagshot- und Bracklesham-Schichten	
Untereocän (Yprésien)				Unterer Meeressand (Sand von Cuise)	London-Thon	
Oberpaleocän (Sparnacien)				Plastische Thone und Braunkohlen	Woolwich- und Reading-Schichten	
Mittelpaleocän (Thanétien)				Kalk von Rilly Sand von Bracheux	Thanet-Sande	
Unterpaleocän (Montien)	? Sande von Lichterfelde b. Berlin			Kalkmergel v. Meudon Kalk v. Mons		

Paläontologischer Charakter des Alttertiärs.

Die hauptsächlichsten Unterschiede der tertiären Fauna und Flora von derjenigen der Kreide sind bereits S. 456 kurz angegeben worden. Was das Alttertiär im Besonderen betrifft, so sei über dessen wichtigste paläontologische Merkmale Folgendes bemerkt:

Die alttertiäre Flora setzt sich ganz überwiegend aus Dicotyledonen, Monocotyledonen und einer Anzahl Coniferen zusammen. Unter den Dicotyledonen finden wir neben zahlreichen Tropenformen wie

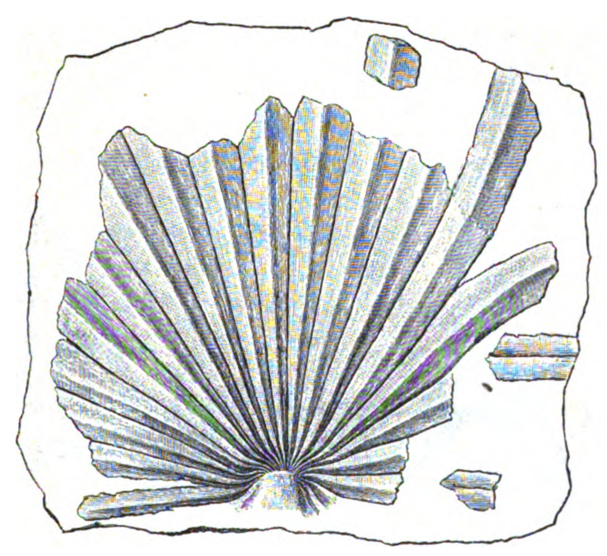


Fig. 88. *Chamaerops helvetica* Heer. Unteroligocän von Nachterstädt bei Halle a. d. S.

Proteaceen, Araliaceen, *Cinnamomum* u. s. w. verschiedene subtropische Gattungen wie *Ficus, Laurus, Magnolia, Juglans* u. a. und eine Menge von Geschlechtern unserer heutigen europäischen Wälder wie *Quercus, Acer, Platanus, Ulmus, Carpinus, Salix* u. s. w. Unter den Monocotyledonen sind besonders die damals noch bis nach England und Ostpreussen verbreiteten Palmen (*Sabal, Flabellaria, Phoenix, Chamaerops* [Fig. 88]) von Interesse. Von Coniferen ist namentlich die Gattung *Sequoia* (mit der weit verbreiteten, ins Neogen hinaufreichenden *S. Langsdorfi*) zu erwähnen.

In der Fauna der niedersten Thiere bildet einen besonders wichtigen Charakterzug die ausserordentliche Entwickelung der Nummuliten und in schwächerem Maasse einiger anderen Foraminiferengattungen wie *Orbitoides, Miliola* und *Alveolina*. Sie waren besonders in den wärmeren Meeren der Eocänzeit — in der Thetys und im pacifischen Ocean

— in ungeheurer Menge vorhanden, fanden aber zeitweise auch in nördlichere Gebiete wie das Paris-Londoner Becken Eingang.

Unter den Cölenteraten spielen, wie schon mehrfach hervorgehoben, in Europa riffbildende Korallen nur noch in den südlichen Meeren eine Rolle.

Von Echinodermen sind weitaus am wichtigsten die Echinoiden, die besonders im Mittelmeergebiet noch sehr zahlreich und mannigfaltig waren. Die regulären Formen treten noch mehr als in der Kreide gegen bilateral-symmetrische zurück, unter welchen wiederum der Familie der Spatangiden die Hauptrolle zufällt. Ihr gehören die Gattungen *Spatangus*, *Maretia*, *Linthia* (**76**, 2), *Brissus*, *Schizaster*, *Macropneustes* und andere an, während von symmetrischen Gattungen namentlich *Conoclypeus* (**76**, 1) und *Echinolampas* anzuführen sind. *E. Kleini* (**78**, 6) aus dem Oberoligocän ist der gemeinste deutsche fossile Seeigel.

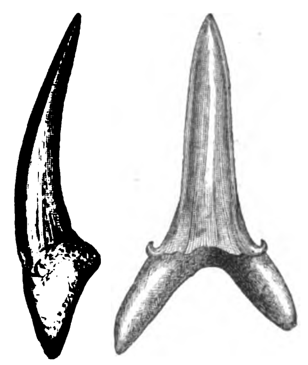


Fig. 89. *Lamna cuspidata* Ag. Oligocän.



Fig. 90. *Otodus obliquus* Ag. Eocän.

In der Molluskenfauna machen sich unter den Conchiferen Sinupalliate wie *Venus*, *Cytherea*, *Tellina*, *Corbula* u. a. stärker als bis dahin geltend. Von sonstigen Muscheln sind namentlich *Ostrea*, *Pecten*, *Arca*, *Pectunculus*, *Leda*, *Cardita*, *Lucina*, *Cardium*, *Cyrena* u. a. sehr artenreich. Unter den Schnecken spielen von jetzt an die Siphonostomen die Hauptrolle. Ihnen gehören an *Pleurotoma*, *Fusus*, *Voluta*, *Conus*, *Pyrula*, *Murex*, *Strombus*, *Mitra*, *Cypraea*, *Borsonia*, *Cerithium* u. a., während von sonstigen Gastropoden *Turritella*, *Natica*, *Nerita*. *Melania* u. a. besonders verbreitet sind.

Unter den Krustern ist die starke Entwickelung der brachyuren Decapoden, der Krabben (*Ranina*, *Coeloma*, *Lobocarcinus*, *Psammocarcinus* u. s. w.) besonders hervorzuheben, unter den Fischen die immer stärker werdende Entfaltung der Haifische — von welchen sich häufig isolirte, den Gattungen *Lamna*, *Otodus*, *Carcharodon* u. a. angehörige Zähne finden — und noch mehr der Knochenfische oder Tele-

ostier (*Leuciscus*, *Meletta, Amphisyle, Semiophorus, Calamostoma, Palaeorhynchus* etc.).

Weitaus den wichtigsten Charakterzug wie des gesammten Tertiärs so auch des Alttertiärs bildet das hier zuerst und nahezu unvermittelt stattfindende Erscheinen einer reichen Fauna von placentalen Säugethieren.

Aplacentale Säuger oder Marsupialier, die zuerst in der Trias erschienen, waren im Gegensatze zu ihrer jetzigen Beschränkung auf Australien und Amerika in der älteren Tertiärzeit auch in der alten Welt vorhanden (*Didelphys* im Gyps von Montmartre u. a.), treten aber an Bedeutung ganz zurück gegen die placentalen Säugethiere[1]). In Folge ihrer sehr raschen Fortentwickelung während der ganzen Tertiärzeit sind gerade die Reste dieser Thiere für die Altersbestimmung der tertiären Ablagerungen von grösster Wichtigkeit.

Hauptfundstellen alttertiärer Säugethierreste sind in Europa der Gyps von Montmartre, die Phosphorite des Quercy in Südfrankreich und die Bohnerzlager von Frohnstetten und anderen Punkten der schwäbischen Alb; für Amerika die lacustren Serien der Puerco-, Wasatch-, Green River-, Bridger- und Uinta-Schichten. Alle hierher gehörigen Formen sind Collectivtypen und viele tragen zugleich embryonale Merkmale an sich.

Die Hauptrolle unter den alttertiären Säugethieren spielen die Hufthiere oder Ungulaten. Die allerältesten hierher gehörigen Formen, die Condylarthra, deren Reste sich abgesehen von spärlichen Funden im Paleocän von Reims und im Bohnerz (Egerkingen) besonders in den amerikanischen Puerco- und zum Theil noch in den Wasatch-Schichten finden, erweisen sich als die primitivsten Vertreter der Hufthiere, bei welchen die heute so scharfe Trennung in Paar- und Unpaarhufer sich noch nicht vollzogen hatte und von denen jene beiden grossen Gruppen abstammen. Sie waren plantigrad, fünfzehig, ihre Backzähne bunodont. Das bekannteste Beispiel ist *Phenacodus*. Aber schon im Eocän treten uns typische Paar- und Unpaarhufer entgegen.

Unter den Imparidigitaten oder Perissodactylen, zu denen von lebenden Gattungen der Tapir, das Rhinoceros und das Pferd gehören, ist am wichtigsten das halb tapir-, halb rhinocerosähnliche *Palaeotherium*, von Pferdegrösse oder darunter, mit tapirartigem Rüssel, dreizehiger Vorder- und Hinterextremität und rhinocerosartigem Zahnbau (Fig. 91). Dem Tapir näherstehend ist *Lophiodon*.

---

[1]) Für eine rasche Uebersicht über die tertiären Säugethiere ist besonders zu empfehlen: Gaudry, Les enchainements du monde animal etc. Mammifères tertiaires, 1878.



Zu den Paridigitaten oder Artiodactylen gehören *Anoplotherium*, mit pferdeähnlichem Kopf, langem Hals und Schwanz, 44 Zähnen

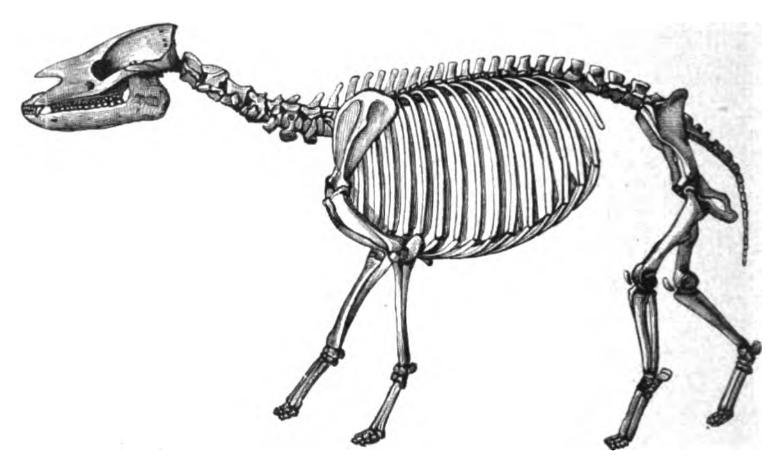


Fig. 91. *Palaeotherium magnum* Cuvier. Oligocän, Montmartre bei Paris.

von Wiederkäuerbau und zweizehigem Fuss, eselsgross bis erheblich kleiner, ferner *Xiphodon*, von schlankem gazellenähnlichem Bau, *Anthracotherium*,

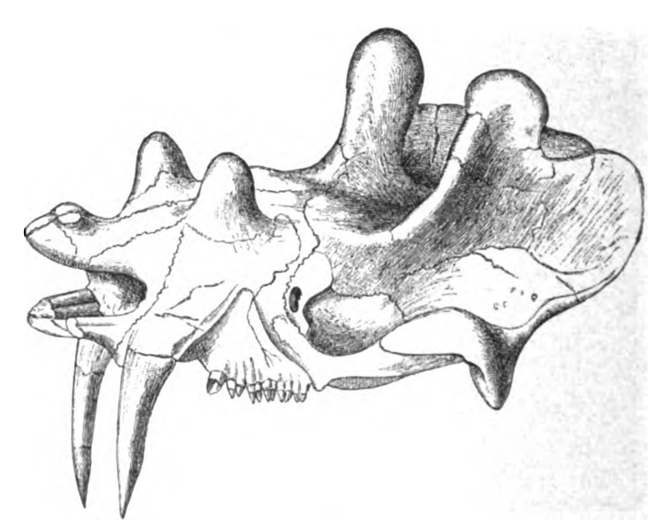


Fig. 92. Oberer Theil des Schädels von *Loxolophodon (Dinoceras) mirabilis* Marsh aus dem Eocän von Wyoming. Nach Marsh.

schweinsartig, mit starken Incisiven und Caninen und vierzehigem Fuss. *Hyopotamus*, ähnlich, aber mit abweichend gebauten Molaren, u. a. m.

Eine sehr merkwürdige Gruppe von Hufthieren bilden die Dinocerata (Marsh) aus den Bridger beds der Rocky Mountains. Sie gehören zu der die grössten alttertiären Landsäuger umfassenden Unter-

ordnung der Amblypoda (Cope), die sich im Bau der Gliedmaassen, der Zähne und des ganzen Skelets als eine primitive Hufthiergruppe erweist. Im Puerco mit verhältnissmässig kleinen Formen (*Pantolambda*) beginnend, setzen sie sich mit den grossen, plumpen Coryphodontiden ins Wasatch fort. Die Dinoceratiden selbst erscheinen erst in den obereocänen Bridger beds. Es waren gewaltige, im Bau des Beckens und der fünfzehigen Extremitäten vielfach an die Proboscidier erinnernde, drei Paar Hörner tragende und mit langen säbelartigen oberen Caninen bewehrte Thiere, deren Hauptvertreter *Loxolophodon* (*Dinoceras*) *mirabilis* ist (Fig. 92). Gleich ihren Begleitern, den verwandten Coryphodontidae, und den jüngeren Brontotheriidae, waren die Dinoceratiden durch ein im Verhältniss zu ihrem riesigen Schädel geradezu winziges Gehirn ausgezeichnet.

Neben den Ungulaten treten in ziemlicher Mannigfaltigkeit die Raubthiere hervor. *Protoviverra* und *Hyaenodon* lassen verwandtschaftliche Beziehungen zu den Hyäniden bezw. Viverriden, *Amphicyon*, *Cynodon* u. a. solche zu den Ursiden erkennen. Man hat diese ältesten raubthierartigen Geschöpfe, die von den eigentlichen, geologisch jüngeren Carnivoren durch die geringere Entwickelung des Gehirns, durch die bei ihnen noch nicht zu Stande gekommene Differenzirung eines Reisszahns von den übrigen Backenzähnen, durch die meist geringere Zahl der Schneidezähne und andere Merkmale abweichen, mit dem Namen Creodonten belegt.

Eine ansehnliche Verbreitung besassen weiter die Lemuriden, von welchen sich zahlreiche Reste namentlich im Quercy und in Nordamerika gefunden haben. Sie zeigen, wie der von Cuvier noch zu den Pachydermen gerechnete *Adapis*, wie *Caenopithecus* u. a., vielfache Hufthieranklänge. Zu den *Simiae* wird *Cebochoerus* vom Quercy gerechnet, wie schon der Name anzeigt, ein eigenthümlicher Mischtypus von Affe und Schwein. Aechte Affen treten erst im Neogen auf. Auch Reste von Nagern, Insectivoren und Chiropteren sind aus dem Alttertiär bekannt.

Eine interessante Vertretung besassen ferner die Cetaceen in der riesigen (20 m Länge erreichenden), sich im Eocän Nordamerikas (Alabama) und Aegyptens findenden Gattung *Zeuglodon* mit grossen, seitlich zusammengedrückten, vielspitzigen Backzähnen von dreieckiger Gestalt. Zu den Sirenen oder Seekühen endlich gehören das eocäne *Eotherium* und das oligocäne (in vollständigen Skeleten im Meeressand von Flonheim bei Alzey gefundene) *Halitherium* (*Schinzi* Kaup).

Jungtertiär oder Neogen.

I. Miocän.

Das Miocän war die Zeit, in der die Alpen ihre letzte und maassgebende Erhebung erfuhren. Es stellt aber nicht allein die eigentliche Bildungsperiode der Alpen dar, sondern auch diejenige des Apennin, der Karpathen, der Pyrenäen, des Atlas u. s. w., kurz aller Glieder des grossen Alpensystems. Wahrscheinlich fällt auch die Entstehung des Himalaya und der übrigen jungen Faltengebirge Süd- und Südost-Asiens und anderer Gebiete in dieselbe Zeit.

Ausser durch diese gewaltigen gebirgsbildenden Vorgänge war das Miocän noch besonders gekennzeichnet durch eine sehr gesteigerte vulkanische Thätigkeit, durch das Hervorbrechen ungeheurer Massen von Eruptivgestein, insbesondere der Basalte Deutschlands und anderer Länder.

Die Verbreitung der Meere war in der Miocänzeit eine wesentlich andere als in der Alttertiärzeit. In Europa hatte sich die See im Norden erheblich zurückgezogen, im Süden dagegen an Umfang noch gewonnen. In Norddeutschland waren damals nur noch Schleswig-Holstein und Friesland vom Meer bedeckt, das sich nach Westen auch über Holland und einen Theil von Belgien erstreckte. In England und im Pariser Becken fehlen marine Miocänablagerungen: diese Gebiete waren damals Festland. Auch das Mainzer Becken, das schon in der Oberoligocänzeit sich allmählig auszusüssen begonnen hatte, war ein vollständiges Binnenbecken geworden.

Die Hauptverbreitung des marinen Miocän in Europa liegt an der atlantischen Küste und im Mittelmeergebiete. Sowohl die Loire- als auch die Garonne-Ebene waren zur Miocänzeit Buchten des atlantischen Oceans, welcher damals ausserdem grosse Strecken der heutigen portugiesischen und spanischen Küste überfluthet hatte. Vom Mittelmeere aus drang das Miocänmeer durch das Rhônebecken nach Norden in den ebenen Theil der Schweiz ein und von da durch Oberschwaben und Oberbayern allmählich bis nach Wien. Von hier aus erstreckte sich ein Meeresarm im Norden, der andere im Süden der Karpathen herum nach Galizien und Kleinrussland und vermittelte so die Verbindung mit dem grossen „pannonischen Becken", welches sich über Ungarn und Theile von Steiermark, Krain, Kroatien und Bosnien bis nach dem heutigen schwarzen und kaspischen Meere, ja sogar noch weiter nach Asien hinein ausdehnte.

Die Karpathen und Alpen waren damals noch Inseln im Mittel-

meere, während der grösste Theil Siciliens, Malta und andere wesentlich aus miocänen Meeresschichten aufgebaute Inseln des Mittelmeers zu jener Zeit noch nicht vorhanden waren.

Von den Alpen reichte wahrscheinlich ein langgedehnter, allmählich immer breiter werdender Festlandsstreifen über Dalmatien nach der Balkanhalbinsel und von da über das damals noch nicht bestehende ägäische Meer nach Kleinasien hinüber. Erst im Süden dieses Festlandes dehnte sich das Thetysmeer aus. Es bedeckte zwar noch ansehnliche Theile von Nordafrika, besonders von Algerien, Nordägypten und Syrien, aber nicht mehr von Oberägypten, Arabien, Persien u. s. w. In diesen Gebieten ist zwar überall marines Alttertiär, aber kein Miocän anzutreffen — ein Beweis, dass die während der Alttertiärzeit noch bestehende Verbindung der Thetys mit dem indischen Ocean aufgehört hatte, dass mit anderen Worten dieses Meer jetzt aus einem intracontinentalen ein Binnenmeer geworden war.

In der letzten Phase des Miocän, in der sarmatischen Zeit, erfuhr das Meer fast in ganz Europa eine erhebliche Einschränkung. Sowohl im Süden Frankreichs und Spaniens als auch in Italien, ganz besonders aber im weiten Gebiete des pannonischen Beckens blieben gewaltige, sich allmählich mehr und mehr aussüssende Brackwasserseen zurück, in denen sich die verarmte sarmatische Fauna entwickelte.

Das Klima war zu Beginn des Miocän noch sehr warm und regenreich, da damals bei uns noch Palmen, Kampher- und Zimmetbäume, Magnolien, Myrthen und viele andere immergrüne Bäume gediehen. Im Laufe der Epoche kühlte es sich aber mehr und mehr ab, so dass am Ende des Miocän die Palmen in Mitteleuropa so gut wie verschwunden waren.

In faunistischer Hinsicht erhält das Miocän sein Hauptgepräge durch das erste Erscheinen riesiger Proboscidier — *Dinotherium* (Fig. 95) und *Mastodon* (besonders *angustidens*, Fig. 97); ferner durch das Auftreten von Rhinoceroten statt der ausgestorbenen Paläotherien und Anthracotherien; und endlich durch die Equidengattung *Anchitherium*, gehörnte Wiederkäuer und die ältesten Feliden (*Machaerodus*).

Nach Depéret[1]) lassen sich innerhalb des Miocän mehrere verschiedene Wirbelthierfaunen unterscheiden:

1) Die des Untermiocän oder Burdigalien, die besonders aus der Gegend von Orléans sowie von Eggenburg in Oesterreich bekannt, durch einige alterthümliche Typen (*Anthracotherium, Hyopotamus*, letzte Marsupialier), durch *Dinotherium* und *Mastodon, Rhinoceros, Aceratherium* und Affen (*Oreopithecus*) ausgezeichnet ist.

---

[1]) Bull. soc. géol. France, 3. s. XX, 1892, S. CXLV.

2) Die dem Mittelmiocän oder Helvetien angehörige, besonders bei Eibiswald (Steiermark) vertretene Fauna mit *Mastod. angustidens* und *turicensis, Anchitherium* etc.

3) Die sehr nahestehende, dem Tortonien angehörige Fauna von Grive-St. Alban (Dép. Isère).

Die marine Molluskenfauna trägt nicht mehr tropischen Charakter, sondern nähert sich in Europa der mittelmeerischen Fauna. Auch ist die Zahl der noch jetzt lebenden Arten eine sehr viel höhere als im Alttertiär.

Hinsichtlich der Eintheilung des Miocän sei endlich bemerkt, dass man jetzt meist Unter-, Mittel- und Ober-Miocän unterscheidet, statt welcher Ausdrücke auch die Namen Burdigalien, Helvetien und Sarmatien (entsprechend der sarmatischen Stufe des Wiener und pannonischen Beckens) gebraucht werden. Das zuweilen noch ausserdem unterschiedene Tortonien gehört dem oberen Mittelmiocän an.

Wie schon früher erwähnt, hat die Kenntniss des Miocän ihren Ausgang von der **Gegend von Bordeaux** genommen. Hier wie in der **Touraine** liegen über dem Oligocän lockere bis schüttige sandige Muschelschichten, die sogen. Faluns, die eine grosse Menge prächtig erhaltener Versteinerungen umschliessen. Bei Bordeaux sind Léognan, Mérignac, Saucats und Salles, in der Touraine Pontlevoy und Manthelan als Hauptfundstellen zu nennen. Besonders bezeichnende Formen sind die bis einen halben Meter lang werdende schmale *Ostrea crassissima = longirostris* (**80,** 4), der stattliche *Pecten* (*Vola*) *solarium* (**80,** 6), *Cardita Jouanneti, Voluta Lamberti* und *miocenica, Pleurotoma cataphracta* (**79,** 7), *Conus Mercati, Cassis saburon* (**79,** 5), *Arca turonica, Cytherea erycinoides* und zahlreiche Seeigel, darunter namentlich die durch ihr ungemein niedriges Gehäuse ausgezeichnete Gattung *Scutella* (**81, 1**).

Die genannten Arten sind insbesondere für die jetzt dem Helvetien zugerechneten Faluns von Salles bezeichnend, während die von Saucats mit *Oliva Basteroti, Buccinum baccatum* etc. sowie die noch älteren von Léognan mit *Turritella terebralis, Cardium burdigalinum, Scutella subrotundata* (**81,** 1) etc. dem Untermiocän oder Burdigalien angehören. Auch in der Provence, im Dauphiné, in der Auvergne und anderwärts sind die Faluns entwickelt.

In **Belgien** gehört dem Miocän Dumont's Système Boldérien (nach dem Bolderberge bei Hasselt) an. Es stimmt nach v. Koenen ganz mit den norddeutschen Ablagerungen von Dingden, Bersenbrück u. s. w. überein und ist gleich diesen mittelmiocänen Alters. Unter- und Obermiocän sind in Belgien bis jetzt unbekannt.

In England fehlt marines Miocän gänzlich; dagegen ist solches in ausgezeichneter Weise entwickelt im **nordwestlichen Deutschland**, in Schleswig-Holstein, Lauenburg, Mecklenburg, im nördlichen Hannover und Oldenburgschen bis in die Nähe der holländischen Grenze bei Wesel und Xanten. Als wichtigste Fundpunkte von Versteinerungen sind die Insel Sylt, Glückstadt, Lüneburg, Dömitz in Mecklenburg, Dingden in Westfalen und Rothenburg bei Düsseldorf zu nennen. Zu den häufigsten Arten gehören *Arca diluvii, Pectunculus pilosus, Limopsis aurita, Astarte concentrica, Isocardia cor, Venus Brocchii, Conus antediluvianus* und *Dujardini, Fusus tricinctus, festivus* u. a., *Dentalium elephantinum* u. s. w.[1]).

A. v. Koenen unterscheidet jetzt[2]):

3. Schleswig-Holstein'scher Glimmerthon (Schleswig-Holstein, Lüneburg, Langenfelde u. s. w.).
2. Hauptmasse des sogen. Holsteiner Gesteins (Bockup, Reinbeck, Dingden, Bersenbrück u. s. w.).
1. Sandstein vom Brothener Ufer nördlich Travemünde.

Im übrigen Norddeutschland und in ganz **Mitteldeutschland** ist marines Miocän unbekannt, während miocäne Süsswasserablagerungen dort sehr verbreitet sind. So sind nach Berendt und Anderen die Braunkohlenbildungen der Mark Brandenburg, Pommerns und Mecklenburgs miocän, und nach von Koenen hätte auch der grösste Theil der hessischen, wetterauer und westerwälder Braunkohlenablagerungen gleiches Alter. Es lassen sich in diesen Gegenden über dem marinen Oberoligocän bezw. dessen limnischen Aequivalenten eine untere und eine obere, durch mehr oder minder mächtige Basaltergüsse (den unteren Basalt) getrennte Braunkohlenbildung unterscheiden. Der untere Braunkohlenhorizont, dem auch die Vorkommen des Habichtswaldes, des Meissner, von Grossalmerode sowie der sogen. Melanienthon R. Ludwig's mit *Melania horrida, Limnaeus pachygaster* etc. angehören, sind untermiocänen Alters; die oberen Braunkohlen dagegen, die öfters von Dysodil, Polirschiefer und Basalttuffen begleitet werden (Habichtswald, Climbach unweit Giessen), fallen schon dem Mittelmiocän zu. Dieser obere Braunkohlenhorizont wird seinerseits oft durch weitere mächtige Basalt- (bezw. Dolerit-)ergüsse (den oberen Basalt) bedeckt. So im Habichtswald, in der Rhön, im Vogelsberg und im Westerwald[3]).

---

[1]) v. Koenen, Das Miocän Norddeutschlands und seine Molluskenfauna, I, 1872 (Schrift. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturw. zu Marburg) u. II, 1882 (Neues Jahrb. f. Min. Beilageb. II, S. 223). — Gottsche, Mioc. von Reinbeck. (Verh. d. Ver. f. naturw. Unterh. Hamburg, Bd. III, 1878.) — Derselbe, Die Molluskenfauna d. Holst. Gest. (Festschrift d. naturw. Ver. z. Hamburg, 1887.)

[2]) N. Jahrb. f. Min. etc. 1886, I, 81.

[3]) Vergl. v. Koenen, N. Jahrb. f. Min. etc. 1886, I, 81. — Bodenbender, Zu-

Auch die Braunkohlenbildungen der Köln-Bonner Rheinbucht sind sehr wahrscheinlich miocän. Bei Bonn lagern zuunterst Thone, darüber Sande und Sandsteine mit vielen Pflanzenresten (Blättersandsteine vom Quegstein im Siebengebirge). Dann folgen Trachyttuffe und über diesen Braunkohlenschichten, die örtlich (Blätterkohle [Dysodil] und Polirschiefer von Rott) eine reiche Flora (etwa 250 Arten) und Fauna (Säugethiere, Vögel, Amphibien, Fische — besonders *Leuciscus papyraceus* —, zahlreiche Insecten u. a.) einschliessen [1]).

Aehnliche, eng mit Basalten verbundene braunkohlenführende Miocänbildungen sind auch in Böhmen entwickelt.

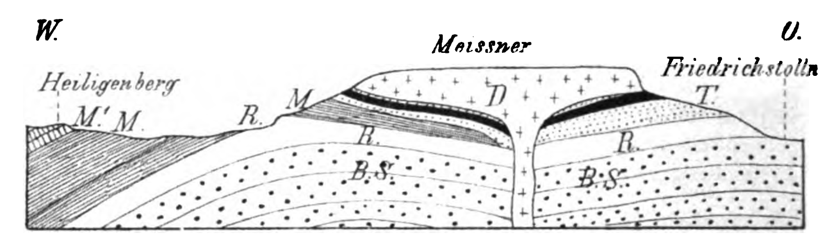


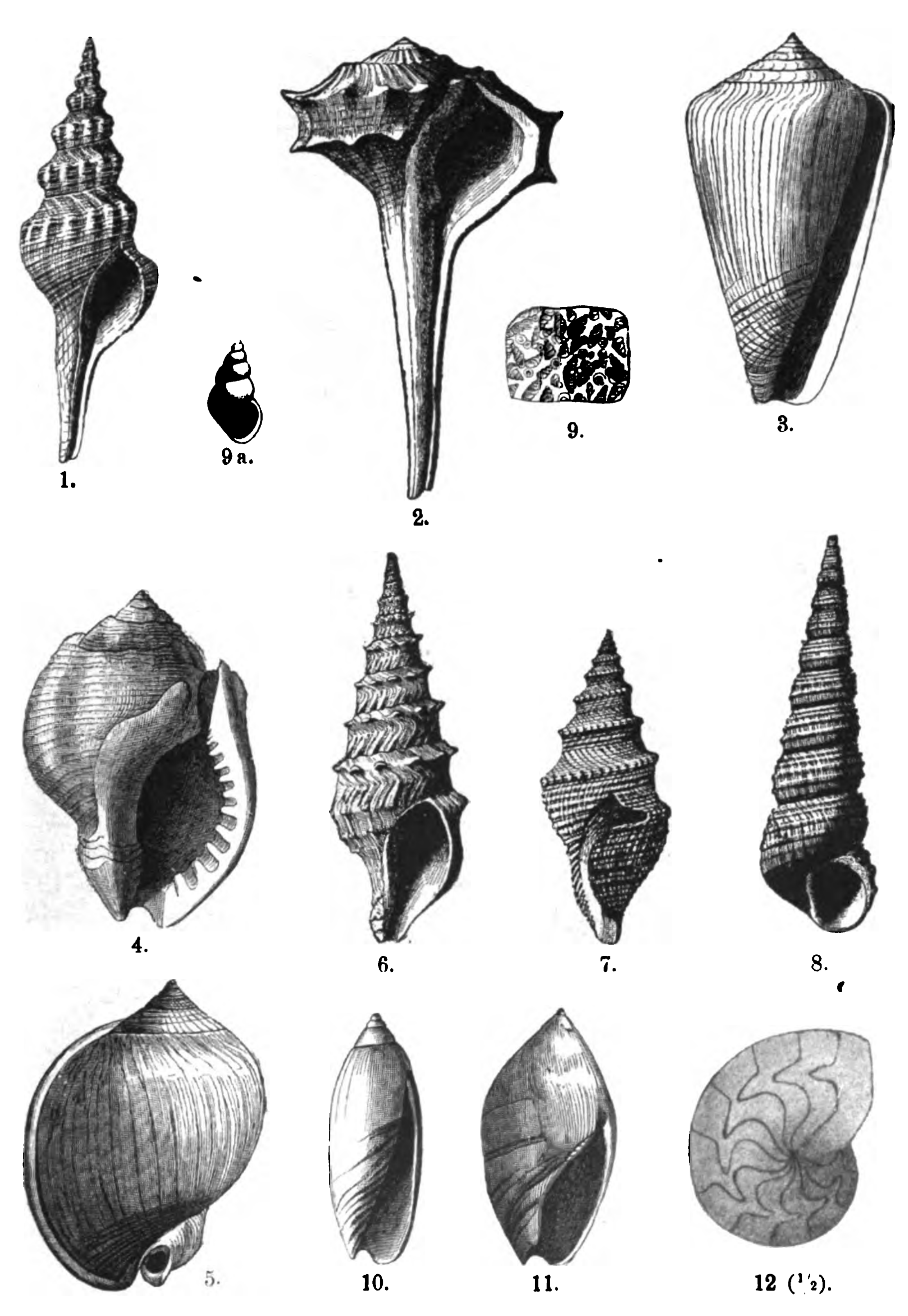
Fig. 93. Profil durch den Meissner unweit Cassel. Nach Fr. Moesta.
BS. Buntsandstein. *R.* Röth. *M.* Unterer und mittlerer Muschelkalk. *M'.* Oberer Muschelkalk. *T.* Braunkohlenführendes Tertiär. *D.* Dolerit.

Im **Mainzer Becken** liegen über den früher (S. 486) besprochenen brackischen Cerithienschichten des Oberoligocän zunächst die Corbiculaschichten, kalkige, nur noch schwach brackische Ablagerungen mit *Corb. Faujasi,* Tausenden von *Hydrobia (Litorinella) inflata* und *acuta* (**79**, 9), *Cerithium plicatum* u. s. w. Dann folgen die Hydrobien- oder Litorinellenkalke, kalkig-thonige, hie und da kleine Braunkohlenlager einschliessende Sumpfbildungen. Hydrobien, mitunter auch Dreissensien und Cyprisschalen setzen hier ganze Bänke zusammen. Man kann unten Schichten mit *Hydrobia inflata* und oben solche ohne diese Art, aber mit *Helix subsoluta* und *moguntina* unterscheiden. v. Koenen weist die Corbiculaschichten dem Unter-, die Hydrobienschichten dem Mittelmiocän zu, während die Frankfurter Geologen beide Bildungen als altmiocän betrachten.

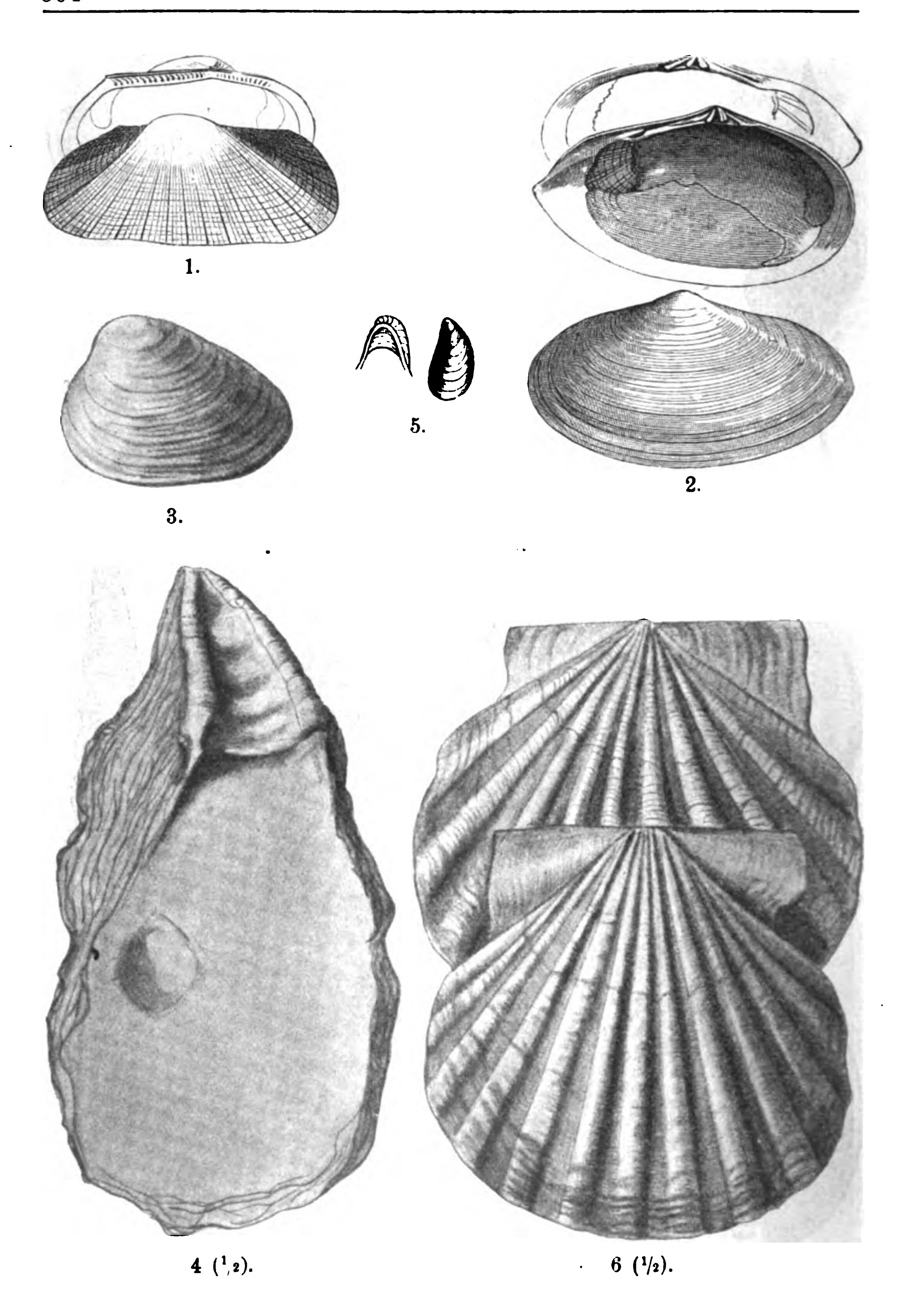
Unter den Miocänvorkommen **Süddeutschlands** verdient einmal das isolirte kleine Süsswasserbecken von Steinheim (westlich Heidenheim in Württemberg) erwähnt zu werden; in erster Linie wegen des

sammenh. u. Glieder. d. Tertiärb. zw. Frankfurt u. Marburg-Ziegenhain. Diss. Göttingen 1884. — v. Linstow, Tert. Abl. i. Reinhardswalde b. Cassel. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1898, 1900.

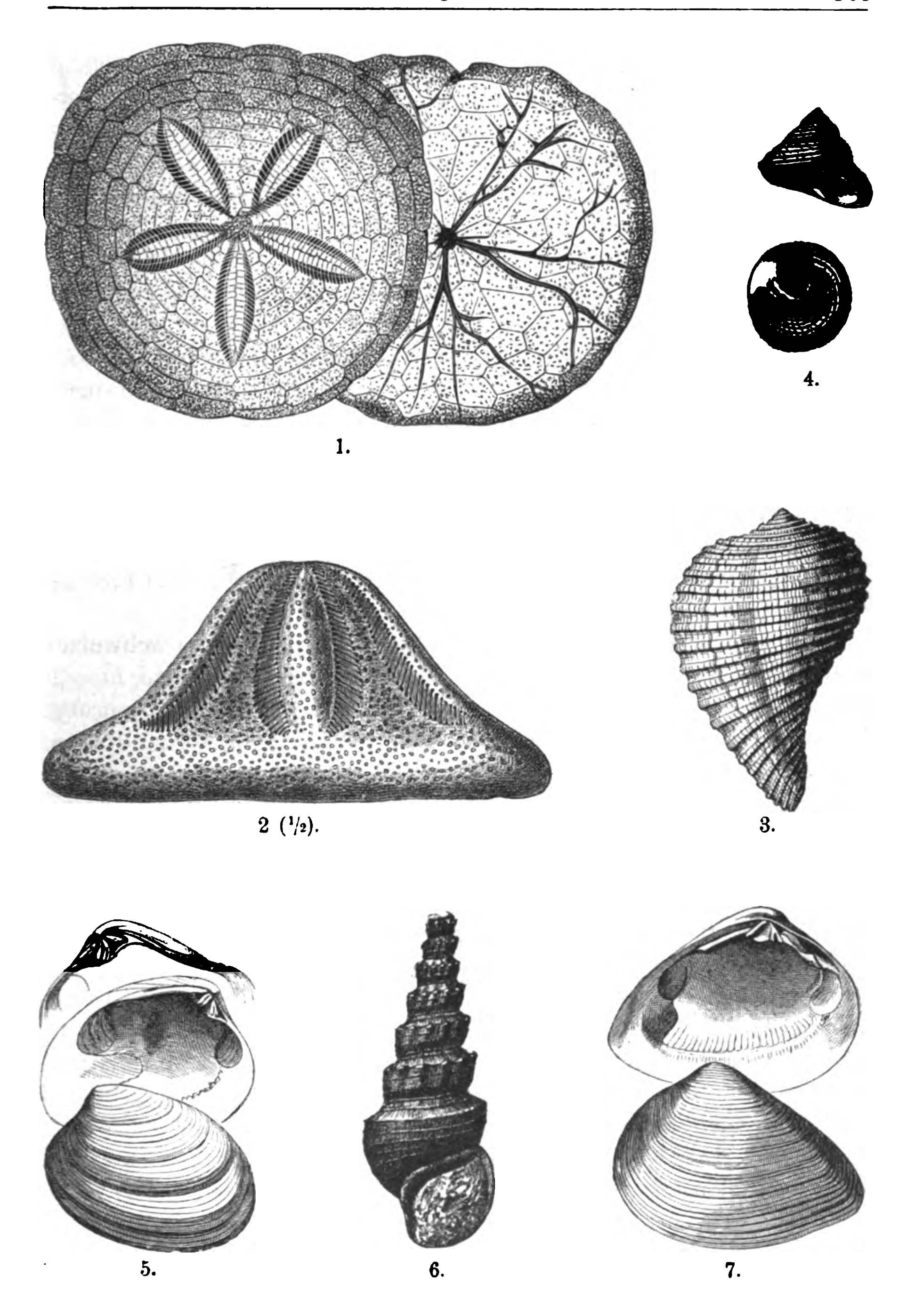
[1]) Siehe die ausführlichen Fossillisten in v. Dechen, Erl. z. geol. Karte v. Rheinl.-Westf. II, 1884, S. 615.



Taf. 79. Miocäne Gastropoden und Cephalopoden. 1. *Fusus longirostris* Brocchi. 2. *Pyrula rusticula* Bast. 3. *Conus ponderosus* Broc. 4. *Ranella marginata* Broc. 5. *Cassis saburon* Lam. 6. *Pleurotoma asperulata* Lam. 7. *Pl. cataphracta* Broc. 8. *Turritella turris* Bast. 9. *Hydrobia (Litorinella) acuta* A. Braun., 9 a. vergrössert. 10. *Oliva clavula* La. 11. *Ancillaria glandiformis* La. 12. *Nautilus (Aturia) Aturi* Bronn.



Taf. 80. Miocäne Conchylien. 1. *Arca barbata* Lin. 2. *Tellina planata* Lam. 3. *Venus cincta* Eichw. 4. *Ostrea crassissima* = *longirostris* Lam., linke Klappe von innen. 5. *Dreissensia Brardi* Fauj. 6. *Pecten (Vola) solarium* Lam.



Taf. 81. Miocäne Versteinerungen. 1. *Scutella subrotundata* Lam. 2. *Clypeaster altecostatus* Mich. 3. *Ficula reticulata* Lam. 4. *Trochus patulus* Brocchi. 5. *Tapes gregaria* Partsch. 6. *Melania Escheri* Brgn. 7. *Mactra podolica* Eichw.

massenhaft vorkommenden, durch seine grosse Veränderlichkeit berühmt gewordenen *Planorbis multiformis;* dann auch wegen der ausserordentlich schönen Säugethier- und Fischreste (zahlreiche Hirsche, *Rhin. incisivus, Tapirus, Anchitherium, Barbus, Cyprinus* etc.)

Viel wichtiger sind die Miocänbildungen des süddeutschen Alpenvorlandes. Ueber den früher (S. 487) besprochenen Oligocänschichten liegt hier zunächst die obere oder neogene Meeresmollasse. Es sind das trümmerige, zum Theil glaukonitführende Sandsteine und Conglomerate mit *Ostrea crassissima* oder *longirostris* (**80**, 4), *O. digitalina, Giengensis* u. a., *Pecten solarium* (**80**, 6), *Cardita Jouanneti, Pectunc. pilosus, Turritella cathedralis, terebralis* u. a., *Panopaea Menardi,* Balanen, Bryozoen, Haifischzähnen u. s. w., ein Aequivalent der Faluns von Bordeaux. Dann folgt die obere Süsswassermollasse mit *Helix sylvana* (Sylvanakalk), *Melania Escheri* (**81**, 6), Unionen *(U. flabellatus)*, Planorben u. s. w. Vielfach braunkohleführend, schliesst sie im östlichen Theile des Gebietes an der Basis noch brackische oder sogar marine Schichten mit *Ostrea crassissima* (letztes Auftreten), *Arca Fichteli, Pectunculus* etc. ein [1]).

In engster Verbindung mit der süddeutschen steht die **schweizer Mollasse.** Den ganzen Raum zwischen Alpen und Jura einnehmend, besteht sie am Rande der Alpen aus groben Conglomeraten von alpinem Ursprung, der sogen. Nagelfluh, die mit sehr gestörter Lagerung bis zu 1800 m Meereshöhe aufragen, während sie mit zunehmender Entfernung vom Gebirge allmählig in immer feinere sandige und thonige Sedimente übergeht, die nach Norden zu eine allmählig immer ungestörtere und flachere Lagerung annehmen. Auch in der Schweiz liegt über dem tieferen, oligocänen Theil der Mollasse (s. S. 488) die obere Meeresmollasse, überwiegend graue, etwas kalkige Sandsteine mit der Fauna der französischen Faluns und der Mediterranstufen des Wiener Beckens (*Ostrea crassissima* [**80**, 4], *Pectunculus pilosus, Conus ventricosus, Turritella turris* [**79**, 8] etc.). Im Rigigebiet [2]) kann man innerhalb dieser Schichtenfolge unterscheiden eine tiefere Stufe, die Luzerner Schichten, Plattenmollasse und Muschelsandsteine, wechselnd mit Süsswassermergeln und Kalk, reich an *Trochus patulus, Natica burdigalensis* etc., und eine obere, die St. Galler Schichten, bunte Nagelfluh mit petrefactenreichen mergeligen Bänken mit *Tapes helvetica, Cardita Jouanneti* u. s. w. Die St. Galler Schichten sind besonders im Appenzeller Gebiet, zum Theil auch noch im Algäu entwickelt. Ueber diesen Schichten folgt als jüngstes, dem Obermiocän entsprechendes Glied auch hier eine aus Sandsteinen,

---

[1]) Vergl. Gümbel, Geol. v. Bayern, II, 1894, S. 283.
[2]) Führer z. d. Excurs. d. internat. Geol.-Congr. Zürich, 1894, 143.

Mergeln, Kalken und Braunkohlen bestehende Süsswasserbildung, die obere Süsswassermollasse mit *Melania Escheri* [81, 6], *Unio flabellatus* u. s. w.

Der oberen Süsswassermollasse gehören auch die insekten-, fisch- und pflanzenreichen plattigen Kalkmergel von Oeningen am Bodensee (auf badischem Gebiete) an. Besonders dank den nachhaltigen Grabearbeiten von O. Heer, des Monographen dieser berühmten Fauna und Flora, sind von dort fast 1500 Arten von Pflanzen und Thieren bekannt geworden, die neben zahlreichen europäischen auch manche asiatische, afrikanische, australische und amerikanische Form enthalten. Nach Heer weist die Beschaffenheit der Pflanzen, unter denen übrigens Palmen überaus selten sind, auf ein dem von Madeira ähnliches Klima. Der bekannteste bei Oeningen gemachte, jetzt im Züricher Museum aufbewahrte Fossilfund ist der eines gigantischen Salamanders, der dem lebenden *Andrias japonicus* verwandt, seinerzeit vom schweizer Naturforscher Scheuchzer als Menschenskelet („homo diluvii testis") angesprochen worden ist.

Zu den ausgezeichnetsten Miocängebieten Europas gehört das **Wiener Becken**, d. h. die Senke, die überwiegend im Norden der Donau gelegen, den Raum zwischen der alten böhmischen Masse im Westen, den Karpathen im Norden, den kleinen Karpathen und dem Leithagebirge im Osten und den Alpen im Süden einnimmt und nach Westen durch die Enge von St. Pölten mit dem süddeutschen Mollassegebiet, nach Osten dagegen mit dem grossen pannonischen Tertiärbecken zusammenhängt. Durch die Untersuchungen von M. Hörnes, Suess, Fuchs u. A. gehört das Wiener Becken zu den bestgekannten Tertiärgebieten[1]. Gleich dem Mainzer Becken bietet es ein treffliches Beispiel einer anfänglich rein marinen, sich aber allmählich immer mehr aussüssenden Schichtenfolge. Nur der untere Theil dieser Schichtenreihe, die beiden Mediterranstufen von E. Suess, sowie die darüber liegende sarmatische Stufe gehören dem Miocän an, während die dann folgende pontische Stufe von der Mehrzahl der Geologen, die noch jüngere levantinische Stufe ganz allgemein zum Pliocän gestellt wird. Die Ablagerungen der Mediterranstufen zeigen grosse örtliche Verschiedenheiten in der Gesteinsentwickelung und im Fossilinhalt. Da die Entscheidung, wie weit diese Verschiedenheiten mit solchen des Niveaus, wie weit mit solchen der Facies zusammenhängen, sehr schwierig ist, so gehen die Ansichten über

[1] Eine gute ältere Uebersicht der Schichtenfolge gab Th. Fuchs, Z. d. d. geol. Ges. 1878, S. 653; eine neuere Toula in seinem Lehrbuche der Geol. 1900, S. 311. Das Hauptwerk für die paläontologische Kenntniss dieses Beckens ist M. Hörnes, Die fossilen Mollusken d. Tertiärbeckens von Wien. Abh. d. geol. Reichsanst. 1856 bis 1870.



die wahre Reihenfolge der Schichten innerhalb der Mediterranstufen noch sehr auseinander. Ja sogar die Berechtigung der Trennung einer älteren und einer jüngeren Mediterranstufe wird von Manchen angezweifelt. Gewöhnlich aber unterscheidet man ihrer zwei und weist die ältere dem Unter-, die jüngere dem Mittelmiocän zu, während man die sarmatischen

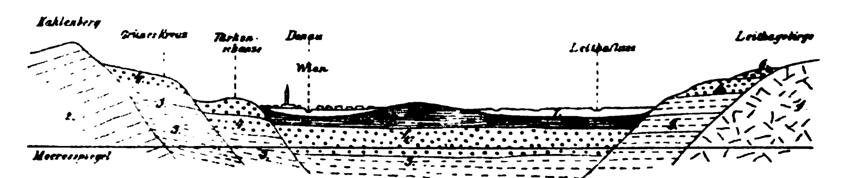


Fig. 94. Schematisches Profil durch das Wiener Tertiärbecken. Nach KARRER.

1. Krystallinische Gesteine des Leithagebirges. *2.* Flysch des Wiener Waldes. *3.* Marines Miocän (Mediterranstufen). *4.* Brackisches Obermiocän (Sarmatische Stufe). *5.* Congerien-Schichten. *6.* Belvedere Schotter. *7.* Diluvium und Alluvium.

Schichten als obermiocän classificirt. Diese letzten zeigen im Gegensatz zu der grossen Mannigfaltigkeit der Mediterranschichten eine auffallende Eintönigkeit.

1. Erste oder ältere Mediterranstufe = Horner Schichten. Hierher gehören folgende, im wesentlichen nur als faciell abweichende Ablagerungen betrachtete Vorkommen:

   Schichten von Molt mit *Cerith. margaritaceum* (**78**, 5) und *plicatum*, *Mytilus Haidingeri* etc.

   Schichten von Loibersdorf. Grobe Sande mit *Pecten solarium* (**80**, 6), *Ostrea crassissima* (**80**, 4), *Pectunculus Fichteli*, Haifischzähnen etc.

   Schichten von Gauderndorf. Feine Sande mit *Tellina planata* etc.

   Schichten von Eggenburg. Grobe Sande mit vielen Pectenschalen, Ostreen, Balanen u. s. w.

   Schlier. Graue, zum Theil schiefrige Thone mit *Aturia Aturi* (**79**, 12), Seeigeln, Gastropoden, Zweischalern, Fischen und Foraminiferen. Hauptörtlichkeit: Ottnang in Oberösterreich.

2. Zweite oder jüngere Mediterranstufe. Hierher gehören besonders:

   Grunder Schichten. Mergel mit reicher, eine Mengung von Arten der ersten und zweiten Mediterranstufe zeigender Fauna (*Turritella cathedralis*, *Pyrula rusticula* [**79**, 2], *Murex aquitanicus*, *Conus ventricosus*, *Ostr. crassissima* [**80**, 4], *Pecten aduncus* etc.).

   Leithakalk, ein trümmerig-conglomeratisches Gestein mit grossen Austern, Pectiniden und Seeigeln.

   Lithothamnienkalk. Eine an Kalkalgen (*Lithoth. ramosissimum*) und Korallen reiche Abänderung des vorigen. Beide bilden das Baumaterial der Stadt Wien und werden am Rande des Leithagebirges und anderwärts in grossen Steinbrüchen gewonnen. *Pectunculus pilosus*, *Cassis saburon* (**79**, 5), *Conus Mercati* und *antediluvianus*, *Ancillaria glandiformis* (**79**, 11), *Pleurotoma asperulata* (**79**, 6), *Turritella turris* (**79**, 8), Arten von *Cerithium*, *Cypraea* u. s. w.

Badener Tegel. Ein in tieferem Meere abgelagerter blauer plastischer Thon mit zahlreichen Arten von *Fusus*, *Pleurotoma* (*cataphracta* [**79**, 7]), *Murex*, *Mitra* etc., Einzelkorallen, vielen Foraminiferen u. a.

Im Ganzen umfasst die jüngere Mediterranstufe etwa 1000 Arten von Conchylien. Sie besitzt auch ausserhalb des Wiener Beckens im Osten und Süden Europas eine sehr weite, einerseits bis nach dem kaspischen Meere, anderseits bis nach Cypern reichende Verbreitung.

3. Sarmatische oder Cerithienstufe. Absätze eines vom Ocean bereits fast ganz abgeschnürten und infolge dessen brackisch gewordenen Binnenmeeres mit sehr armer, kaum 50 Arten umfassender, individuenreicher Conchylienfauna. Alle grossen reich skulpturirten Mollusken, alle Cephalopoden, Brachiopoden, Korallen, Echinodermen, Balanen und Haifische fehlen vollständig. *Cerithium pictum* und *rubiginosum*, *Mactra podolica* (**81**, 7), *Ervilia podolica*, *Tapes gregaria* (**81**, 5), *Cardium obsoletum* gehören zu den bezeichnendsten Formen dieser Fauna, die übrigens auch Seehunde, Delphine und Wale enthielt. Nach Westen reicht sie nicht über das Wiener Becken hinaus, nach Osten zu aber ist sie nicht nur im ganzen pannonischen Becken, sondern auch an der unteren Donau und in Südrussland über ungeheure Gebiete verbreitet. Offenbar hatte das Wiener Becken schon vor Beginn der sarmatischen Zeit seine Verbindung mit dem Mollasse- wie auch mit dem Mittelmeer ganz eingebüsst und war zu einem abgeschlossenen Binnensee geworden.

Wie schon oben angedeutet, setzt das Miocän vom Wiener Becken aus noch weit nach Osten, bezw. Südosten fort. Wir finden es im Norden und Osten der Karpathen, in Polen, Wolhynien und Podolien (galizisch-podolisches Becken), im unteren Donaugebiet (pannonisches und danubisches Becken) sowie im ganzen pontisch-kaspisch-kaukasischen Gebiete bis über den Aralsee hinaus.

Im **galizisch-podolischen Becken** herrscht noch ganz die Entwickelung des Wiener Beckens. Wir treffen hier Lithothamnien und Leithakalk, conchylienreichen Tegel und Formen wie *Ostrea crassissima*. Eine Eigenthümlichkeit dieses Gebietes bilden Gyps- und Steinsalzlager im Horizont der älteren (?) Mediterranstufe. Das alte berühmte Salzwerk von Wieliczka und das von Kalusz bauen auf hierher gehörigen Steinsalz- bezw. Kalisalzvorkommen.

An der **unteren Donau** und in **Südrussland**, im krimo-kaukasischen Gebiete, sind die beiden Mediterranstufen nicht mehr in der Entwickelung des Wiener Beckens vorhanden. Die ältere Stufe wird hier durch mächtige marine Schieferthone vertreten, die in ihrem unteren Theile ins Oligocän hinabreichen, im oberen aber örtlich (Halbinsel Kertsch) *Pecten denudatus*, *Ostrea cochlear* und andere Formen des älteren Miocän einschliessen. Die jüngere Mediterranstufe wird durch noch abweichendere Ablagerungen vertreten: durch die älteren Tschokrakschichten Andrussow's[1]), deren Fauna weit mehr als die sar-

[1]) Andrussow, Die südruss. Neogenablagerungen. Verh. d. russ. miner. Ges. St. Petersb. Bd. 34 u. 36, 1896 u. 1899.

matische einen euxinischen, d. h. der des schwarzen Meeres ähnlichen Charakter trägt, und die jüngeren Spaniodonschichten mit Arten von *Spaniodon*, *Pholas*, *Ervilia*, *Nassa*, *Murex* u. s. w. Ueber diesen Aequivalenten der Mediterranstufen folgen dann mit stark transgredirender Lagerung die weit über das Gebiet des älteren Miocän hinausreichenden, unter anderem auch im Süden des Kaukasus, am Marmarameere, in Bulgarien und Serbien sich findenden sarmatischen Schichten.

Auch in **Griechenland** und **Italien** ist marines Miocän sehr verbreitet; insbesondere setzt es einen grossen Theil Siciliens sowie die Insel Malta zusammen, auf welch' letzter namentlich mächtige Globigerinenkalke[1]) bemerkenswerth sind. Als eine weitere interessante Miocänablagerung seien die mehrere hundert Meter mächtigen Küstenconglomerate der Superga bei Turin mit helvetischer Fauna und die seeigelreichen Schioschichten des Belluneser Gebietes erwähnt. Von grossem Interesse ist endlich das Erscheinen von *Cerithium pictum* und *rubiginosum, Tapes gregaria* und anderen bezeichnenden Arten der sarmatischen Schichten über tortonischen und helvetischen Ablagerungen (die theils den Charakter der Faluns, theils des österreichischen Schlier besitzen) in Ligurien und im Livornesischen[2]).

In **Spanien** besteht nach Phillipson das Miocän des Ebrobeckens in sehr bemerkenswerther Weise aus rothen, gyps- und salzführenden, solchen der germanischen Trias zum Verwechseln ähnlichen Mergeln, Sandsteinen und Conglomeraten[3]).

Im Osten des Mittelmeergebietes sei namentlich der grosse *Clypeaster altus* (81, 2) als ein sehr bezeichnender miocäner Seeigel erwähnt.

In **Nordafrika** sind in Algerien mit Basalconglomeraten beginnende helvetische Ablagerungen mit *Ostrea crassissima* bekannt. Auch der grösste Theil des marinen Miocän Aegyptens hat nach Blanckenhorn ungefähr das gleiche Alter. In Syrien dagegen ist nur das Obermiocän in mariner Gestalt entwickelt.

In **Asien** ist durch die langjährigen Arbeiten K. Martin's[4]) ein reiches marines Miocän aus Java bekannt geworden; ebenso aus Indien (Birma), wo es von nummulitenführendem Eocän unter- und von mächtig entwickeltem fluviatilem Pliocän überlagert wird, durch eine neue grosse Abhandlung Nötling's[5]).

---

[1]) Cooke, Qu. J. G. Soc. Lond. 1893, 117.

[2]) de Lapparent, Traité d. Géol. 4. éd. 1545.

[3]) Centralbl. f. Min. 1901, S. 469.

[4]) Die Tertiärschichten auf Java, Leiden 1879—1880. Vergl. auch Derselbe, Z. d. d. g. G. 1900, 1. Verh. S. 2.

[5]) Palaeont. Indica, New ser. I, 1901.

In **Nordamerika** gehört nach W. Dall dem Miocän an die marine Chesapeakegruppe[1]) von Maryland und den anliegenden Gebieten der atlantischen Küste. Im Inneren des Continentes hat das gleiche Alter die limnische Loup Fork-Gruppe des Staates Nebraska mit *Miohippus, Anchitherium, Mastodon, Machaerodus* etc.

In **Südamerika** fällt nach den neueren Untersuchungen von Ortmann, Hatcher, Steinmann u. A. dem Miocän zu der grösste Theil der marin-brackischen patagonischen Schichten (einschliesslich der suprapatagonischen und Santa Cruz-Schichten) des südlichen Chile und Argentinien. Im nördlichen Chile sind wahrscheinlich Steinmann's Navidad-Schichten miocänen Alters[2]).

II. Pliocän.

Mit Schluss der Miocänzeit trat in Europa ein abermaliger Rückzug des Meeres ein. Im Norden blieben nur Südengland, Belgien und kleine Theile von Nordfrankreich von ihm bedeckt, während Deutschland bereits vollständig trocken lag. Nur im Süden besass das Meer noch eine beträchtliche Ausdehnung, wie aus der grossen Verbreitung pliocäner Marinbildungen in ganz Italien, in Griechenland u. s. w. hervorgeht. Das sarmatische Gebiet war schon Festland geworden, auf welchem in einem gewaltigen, noch etwas brackischen Binnensee eine mit der des heutigen Kaspisees verwandte Conchylienfauna lebte.

Weitere Abweichungen des damaligen Bildes von Europa von dem heutigen lagen darin, dass der Kanal noch nicht vorhanden war, sondern an seiner Stelle eine feste Landverbindung von Frankreich nach England hinüberführte, und dass auch die heutige Dardanellenstrasse noch nicht bestand, sondern eine breite, von der Balkanhalbinsel nach Kleinasien hinüberreichende Landbrücke, das „ägäische Festland", sich zwischen dem Mittelmeerbecken und dem grossen pontisch-kaspischen See ausdehnte.

Sein paläontologisches Gepräge erhält das Pliocän besonders durch das Auftreten von *Dinotherium* (Fig. 95) und *Mastodon* (Fig. 97—99) (Hauptleitform *M. longirostris*), durch die Equidengattung *Hippotherium* (Fig. 100) und zahlreiche Rhinoceroten (*Aceratherium incisivum, Rh. Schleiermacheri* [Fig. 103—105], Hirsche, Antilopen, Giraffen u. s. w. Erst gegen Schluss der Epoche treten zu diesen als sehr be-

[1]) Dall & Harris, Bull. U. St. Geol. Surv. Nr. 84. Correl. Papers: Neocene, 1892. — Vergl. auch Whitfield, Mollusca etc. of the miocene of N.-Jersey. Monogr. U. St. G. S. XXIV, 1894.

[2]) Möricke & Steinmann, N. Jahrb. f. Min. Beilagebd. X, S. 533, 1896.

zeichnende Gestalten noch *Elephas meridionalis* und *antiquus*, *Mastodon arvernensis*, *Equus Stenonis*, *Hippopotamus major*, *Rhinoceros leptorhinus* und *megarhinus* und *Machaerodus pliocenicus*.

Die pliocäne Conchylienfauna nähert sich in Südeuropa schon sehr der heute im Mittelmeere lebenden, während sich in Nordeuropa bereits mehr nordische Formen (wie besonders zahlreiche *Astarte*-Arten) eingestellt hatten. Sehr bemerkenswerth ist das Erscheinen einer Anzahl arktischer Typen wie *Cyprina islandica*, *Panopaea norvegica* u. a. im jüngeren Pliocän nicht nur in England, sondern sogar im Mittelmeerbecken.

Die pliocäne Flora zeigt im südlichen Europa noch nahe Beziehungen zu der noch jetzt in diesen Gegenden lebenden; indess waren die in der Miocänzeit noch ziemlich verbreiteten Palmen bereits fast ganz verschwunden. Nur in Südfrankreich haben sich in pliocänen Ablagerungen noch *Chamaerops* und *Sabal* gefunden. Auch die deutschen Pliocänfloren — so die von Geyler und Kinkelin beschriebene, fast zur Hälfte aus Coniferen bestehende Flora von Niederrad bei Frankfurt — weisen auf ein etwa dem heutigen entsprechendes Klima hin.

In der Abgrenzung des Pliocän nach unten und oben sowie in seiner Gliederung ist bis jetzt noch keine völlige Uebereinstimmung erzielt worden. Früher wurden alle südeuropäischen Meeresablagerungen der Pliocänzeit schlechtweg mit dem d'Orbigny'schen Namen Subapennin belegt; später unterschieden Mayer-Eymar und Andere an der Basis des Pliocän das Messinian und Zancleano, höher aufwärts das Piacentin und die Astistufe, zuoberst die Arnostufe. Indess haben de Stefani und Andere hervorgehoben, dass alle diese Unterscheidungen (ähnlich wie die innerhalb der Mediterranstufen des Wiener Beckens) mehr von facieller als von stratigraphischer Bedeutung seien.

In Belgien entsprechen diesen Stufen das Diestien (nach der Stadt Diest) und Scaldisien (nach dem Scheldefluss) A. Dumont's und das Poerderlien Vincent's; in England der sogen. Crag.

Die **italienischen** Pliocänbildungen sind besonders typisch auf der Nordseite des Apennin, in der Lombardei und bis weit nach Piemont hinein entwickelt; sie sind aber auch im Süden des genannten Gebirges durch ganz Mittel- und Süditalien hindurch verbreitet. Sie stellen eine über 300 m mächtige Folge von Thonen, Mergeln und Sanden dar, in die tiefe Thäler einschneiden.

Im Norden des Apennin sind seit langer Zeit als Hauptfundorte für die überaus reiche, ausgezeichnet erhaltene Conchylienfauna Castell' Arquato (bei Parma) und Asti (bei Turin) berühmt. Die tiefste Piacentin-

stufe besteht hier aus bläulichen Mergeln; darüber folgt die aus gelben Sanden bestehende Astistufe; über dieser endlich Sande und Kiese mit *Elephas meridionalis* und *Hippopotamus major*, die Arnostufe.

Im unteren Arnothale finden wir in der ganz jung-pliocänen, vielleicht sogar schon dem allerältesten Quartär angehörigen Arnostufe sehr bemerkenswerthe limnisch-fluviatile Sande und Schotter, die *Eleph. meridionalis*, *Hippopotamus major*, *Rhinoc. leptorhinus*, *Equus Stenonis*, *Machaerodus* u. s. w. enthalten.

In der Gegend von Rom bestehen die tiefsten Pliocänschichten aus den blauen Mergeln des Vatican mit reicher Molluskenfauna. Dann folgen die gelben Sande und Mergel des Monte Mario mit vielen Arten von *Pecten* (*jacobaeus* etc.), *Cardium* u. s. w.; dann endlich Kiese und Sande mit *Eleph. meridionalis*, *Equus Stenonis*, *Hippopotamus* u. s. w.

In Süditalien hat man mit dem Namen Zancleano alt-pliocäne kalkig-sandige Küstenbildungen belegt, während man als Messiniano etwa gleichalterige gyps- und schwefelführende, in übersalzigen Lagunen entstandene Ablagerungen bezeichnet hat.

Ob die berühmten Sande des Monte Pellegrino bei Palermo, die unter zahlreichen noch jetzt lebenden mittelmeerischen Conchylien auch einige nordische Typen — wie namentlich *Cyprina islandica* — enthalten, noch dem Pliocän oder schon dem Postpliocän angehören, muss dahingestellt bleiben. Man kennt ähnliche Ablagerungen auch in Calabrien, auf Rhodus u. s. w.

Sehr abweichend von den italienischen sind die **englischen**, unter der Bezeichnung Crag zusammengefassten Pliocänbildungen. Es sind überwiegend sandig-thonige, auf erodirter Kreide oder Londonthon aufruhende Schichten, die gewöhnlich folgendermaassen eingetheilt werden:

1. Weisser oder Coralline Crag. Bis 15 m mächtige bryozoenreiche Kalkmergel mit *Terebr. grandis = perforata*, *Terebratulina caput serpentis*, *Voluta Lamberti* etc. Etwa zwei Drittel der Arten leben noch heute. Im Ganzen weist die Fauna auf ein mässig warmes Klima hin, wenn sie auch bereits einige nordische Formen wie *Cyprina islandica* enthält.

2. Rother (red) Crag von Suffolk. Rothe eisenschüssige bis 12 m mächtige Sande mit Haizähnen, *Fusus contrarius*, *Voluta Lamberti*, *Pectunculus glycimeris* etc. Die Fauna enthält ungefähr $^9/_{10}$ noch jetzt lebende und etwa $^1/_{10}$ nordische Formen (*Buccin. groenlandicum*, *Arca groenl.* etc.)

3. Norwich Crag. Eine bis 6 m starke, aus Sanden, Kiesen und Lehmen bestehende fluvio-marine Bildung. Die Fauna enthält eine Mischung von Land-, Süsswasser- und Meeresconchylien sowie Reste von *Mastod. arvernensis*, *Eleph. meridionalis* etc. Sowohl die Zahl der noch lebenden, als auch die der arktischen Formen (*Scalaria groenlandica*, *Panopaea norvegica*, *Astarte borealis* etc.) ist noch höher als in 2.

4. Chillesford and Weybourn Crag. Der erste eine ästuarine, der zweite eine marine Bildung. Jener besteht aus Sanden und Thonen mit *Cardium*

edule und *groenlandicum, Mya truncata, Mactra, Tellina, Nucula, Natica* etc.; dieser aus Sanden und Kiesen mit massenhafter *Tellina baltica.*

Die darüber folgenden, gewöhnlich auch noch dem Pliocän zugerechneten Süsswasserbildungen, die bekannten Forest beds von Cromer betrachten wir als ältestes Quartär und behandeln sie demgemäss erst später.

Noch älter als der weisse Crag sollen nach Harmer die Schichten von Lenham (in den South Downs) sein, deren Conchylienfauna noch einige auf eine ältere wärmere Periode hinweisende Typen des italienischen Tertiärs enthält. Sie sollen nach ihm dem durch *Terebr. grandis* gekennzeichneten Diestien der neueren belgischen Geologen gleichstehen, während der weisse Crag der etwas jüngeren Zone mit *Isocardia cor* entsprechen soll[1]).

Ein Hauptinteresse der besprochenen Ablagerungen beruht auf der hier mit grösserer Deutlichkeit als bei irgend einer anderen tertiären Schichtenfolge zu verfolgenden allmählichen Zunahme nicht nur der lebenden, sondern auch der nordischen Mollusken. Die stetig wachsende Zahl dieser letzten zeigt gleich einem Thermometer die zunehmende Abkühlung des Klimas an und kündigt so die kommende Eiszeit an.

Recht ähnlich sind den englischen die **niederländischen** Pliocänbildungen. Die belgischen Geologen unterscheiden jetzt[2]): 1. das Diestien: durch eine Erosionsdiscordanz vom Boldérien (s. S. 500) getrennte Sande von Diest mit *Terebr. grandis = perforata.* An seiner oberen Grenze der Horizont mit *Isocardia cor.* 2. Das Scaldisien mit *Fusus contrarius* und vielen Balaenenresten. 3. Das Poederlien mit *Corbula gibba* etc. Nach Harmer wären in Belgien keine jüngeren Schichten entwickelt, wohl aber in Holland, wo H.'s Amstelien dem englischen rothen Crag entsprechen soll.

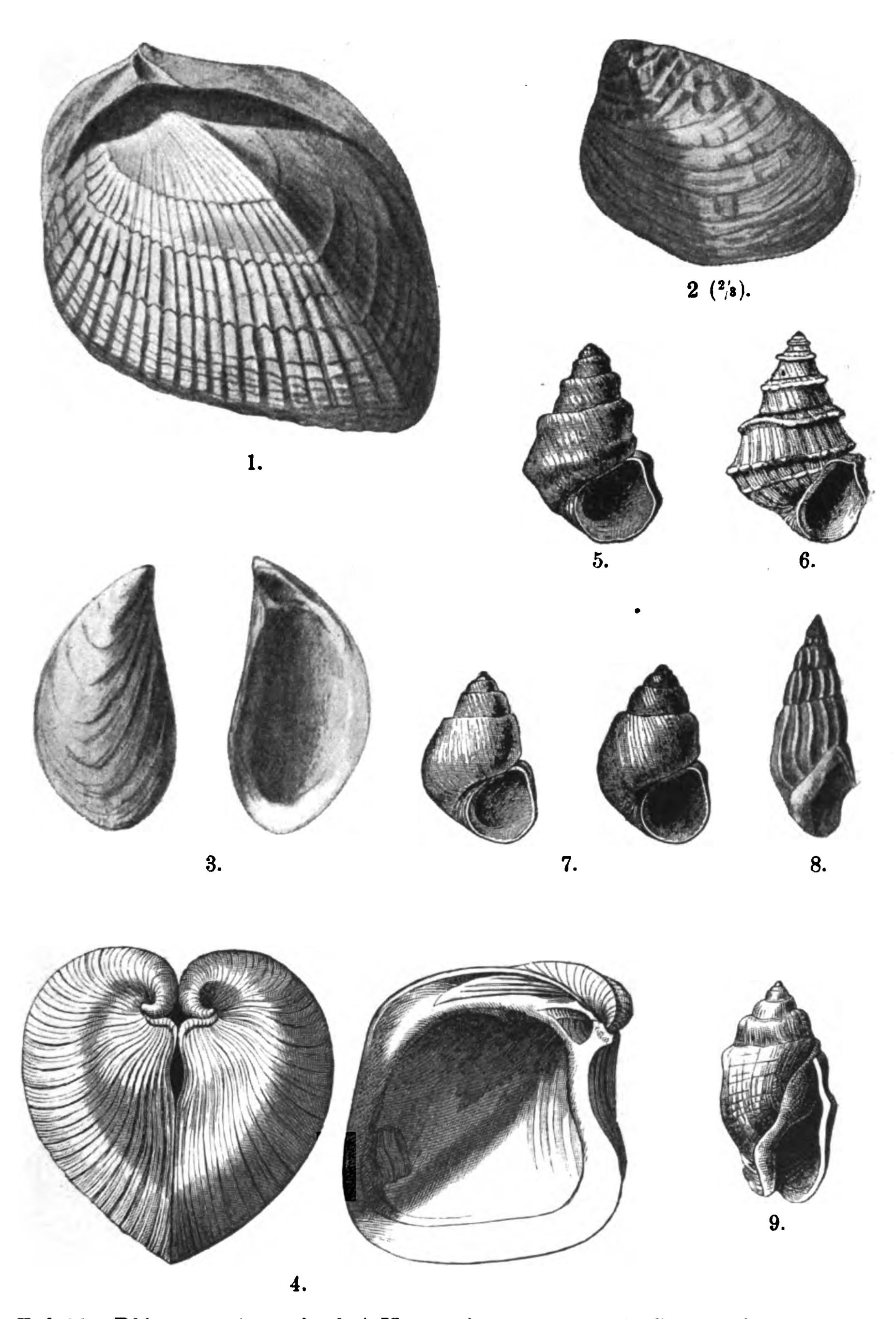
In **Deutschland** fehlt marines Pliocän gänzlich. Um so verbreiteter sind limnisch-fluviatile, an Säugethierresten reiche Ablagerungen.

Eines der bekanntesten, dem ältesten Pliocän (nach einigen Autoren dem obersten Miocän) angehörigen Vorkommen ist das von Eppelsheim in Rheinhessen, woselbst über dem miocänen Litorinellenkalk mit übergreifender Lagerung geschichtete Sande mit *Dinotherium giganteum, Mastodon longirostris, Aceratherium incisivum, Rhinoceros Schleiermacheri, Hippotherium gracile,* zahlreichen Hirschen u. s. w. entwickelt sind. Aehnliche Ablagerungen wiederholen sich im Rheinthale bei Dürk-

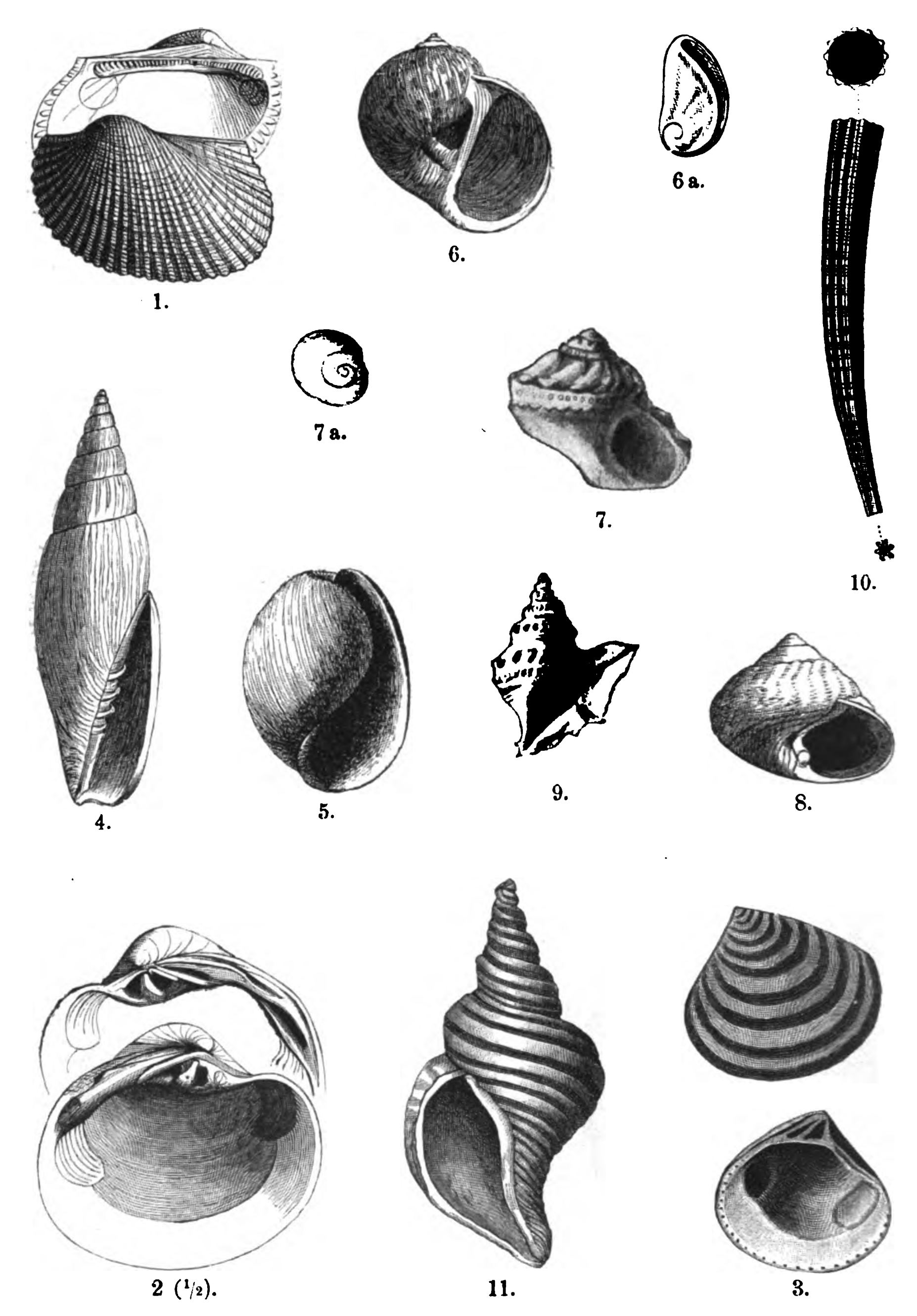
---

[1]) Harmer, Qu. J. G. S. London, 1896, 748 und 1900, 700. — Vergl. auch Cl. Reid, The pliocene depos. of Britain. Mem. geol. Surv. 1890.

[2]) Vergl. Ann. d. l. soc. géol. de Belgique, XXVIII, 2. Lief., Mai 1901.



Taf. 82. Pliocäne (pontische) Versteinerungen. 1. *Cardium (Acricardium) acardo* Desh. 2. *Unio clivosus* Brus. 3. *Congeria rostriformis* Desh. 4. *Congeria conglobata* Partsch. 5. *Paludina (Tulotoma) Forbesi* Neum. 6. *Palud. Hörnesi* Neum. 7. *Paludina Brusinai* Neum. 8. *Melanopsis hastata* Neum. 9. *M. Martiniana* Fér.



Taf. 83. Pliocäne Mollusken. 1. *Arca diluvii* Lam. 2. *Cyprina tumida* Nyst. 3. *Astarte Omali* Lajonk. 4. *Mitra fusiformis* Broc. 5. *Bulla ampulla* Lin. 6. *Natica millepunctata* Lam. 6 a. Deckel. 7. *Turbo rugosus* Lin. 7 a. Deckel. 8. *Trochus Brocchii* K. Mayer. 9. *Aporrhais pes pelicani* Lam. 10. *Dentalium sexangulare* Lam. 11. *Fusus antiquus* Müll., var. *striatus* Sow.

heim, bei Hanau u. s. w. Auch bei Ulm, Ingolstadt und anderen Punkten Süddeutschlands kennt man ähnliche altpliocäne Dinotheriensande.

Erheblich jünger sind die mitteldeutschen, in Hessen und Thüringen (Fulda-, Werra-, Ilm-, Gera-[1]), Saalethal) verbreiteten Mastodontenschotter. Es sind hochliegende alte Flussablagerungen, die im Norden des Thüringerwaldes ausser den leitenden Mastodonten (*arvernensis*, *Borsoni*) nach Wüst[2]) noch *Elephas meridionalis* (?), *Equus Stenonis* u. a., also eine der des Val d'Arno nahestehende Fauna einschliessen.

Ein ungefähr gleiches, oberpliocänes Alter dürften nach den Untersuchungen von Geyler und Kinkelin[3]) gewisse braunkohlenführende Ablagerungen des Untermainthales und der Wetterau (Niederrad bei Frankfurt, Seligenstadt a. M. u. s. w.) haben. Ihre fast zur Hälfte aus Nadelhölzern bestehende, aber auch *Betula*, *Quercus*, *Fagus*, *Juglans* etc. enthaltende Flora weist neben einer ganzen Reihe noch lebender Formen (*Pinus strobus*, *Larix europaea*, *Picea vulgaris* u. a.) zahlreiche nordamerikanische Pflanzen (besonders *Juglans*- uud *Carya*-Arten) auf — eine der Thatsachen, die man als Hinweis auf einen damals noch bestehenden festen Zusammenhang der alten und neuen Welt aufgefasst hat.

Sehr interessante Pliocänschichten finden sich weiter im Südosten Europas, im **Wiener Becken**, im unteren Donaugebiete und Südrussland. Ueber den früher (S. 509) besprochenen sarmatischen Ablagerungen folgen hier die Congerienschichten oder die pontische Stufe. Diese weitverbreiteten, ausgesprochen brackischen Schichten enthalten neben marinen Fischen zahlreiche zum Theil ausserordentlich grosse Congerien (*C. subglobosa*, *conglobata* [82, 4], *Basteroti* etc.), eigenthümlich geformte, schwach bezahnte oder zahnlose Cardien, für die man die Namen *Adacna*, *Mono*- und *Didacna* aufgestellt hat, ferner viele Arten von *Melania* und *Melanopsis* (*M. Martiniana* [82, 9], *hastata* [82, 8]), *Neritina*, *Trochus* u. a. m.

In Südrussland und der Krim folgen über den sarmatischen Ablagerungen zunächst die Kalke von Kertsch mit einer mehr marinen Fauna, die Andrussow[4]) als die erste pontische oder „mäotische" Stufe ausscheidet. Man classificirt sie wohl besser als oberstes Miocän. Erst über dieser Stufe liegen Schichten mit Dreissensien, Congerien,

---

[1]) K. v. Fritsch, Jahrb. d. pr. geol. Landesanst. f. 1884, S. 389.

[2]) Das Pliocän u. älteste Pleistocän Thüringens. Abh. d. naturf. Ges. Halle, Bd. 23, 1901.

[3]) Vergl. Kinkelin, Beitr. z. Geol. v. Frankfurt. Senkenberg. naturf. Ges. 1900, S. 121.

[4]) a. a. O. Vergl. auch Führer z. d. Exc. d. intern. Geol.-Congr. St. Petersb. 1900, Nr. XXX.

Cardien, die den typischen Congerien-Schichten des Wiener Beckens ähnlich sind: die zweite pontische Stufe Andrussow's.

Ueber diesen brackischen pontischen Ablagerungen folgt, weniger im eigentlichen Wiener Becken als in dessen Osten, in Kroatien, Slavonien, Rumänien, auf der ganzen Balkanhalbinsel u. s. w. eine sehr verbreitete Süsswasserbildung: die levantinische oder Paludinenstufe, die paläontologisch besonders durch ihre oft in ungeheurer Menge und Veränderlichkeit erscheinenden, stark sculpturirten Viviparen (Paludinen) und Unionen von nordamerikanischem Habitus (**82**, 2, 5, 6, 7) gekennzeichnet ist [1]).

Im Wiener Becken selbst treten als ungefähr gleichaltrige Bildung über den Congerienschichten gewöhnlich mächtige Schotter und Sande auf, die sogen. Belvedere-Schotter. Es sind fluviatile Bildungen, deren Fauna (*Dinotherium, Mastodon, Rhinoceros, Hippotherium*) an die der Sande von Eppelsheim und Ingolstadt erinnert.

Auch in Südrussland scheinen ähnliche Dinotheriensande (mit *D. giganteum*, *Mastodon* [*ohioticus*, *arvernensis*, *Borsoni*, *turicensis*], *Rhinoceros* [*megarhinus*, *Schleiermacheri*] und *Hippotherium*) eine grosse Verbreitung zu besitzen [2]).

In **Südfrankreich** sind in verschiedenen Theilen des Landes (Auvergne, Bresse, Limagne u. s. w.) ähnliche knochenführende Pliocänablagerungen entwickelt. Am bekanntesten ist darunter die vom Mont Luberon in der Provence mit *Dinotherium*, *Mastodon*, *Hippotherium*, *Rhinoceros*, *Machaerodus* u. a.

Noch berühmter sind die **griechischen** rothen Knochenthone von Pikermi (unweit Athen), die ausser *Rhinoceros*, *Hippotherium*, *Machaerodus* zahlreiche Affen (*Semnopithecus* u. a.), das giraffenähnliche *Helladotherium* u. a. m. enthalten [3]).

Von **aussereuropäischen** Pliocänbildungen wären besonders die der Siwalik Hills am Fusse des Himalaya zu erwähnen. Es ist das eine im Ganzen mehrere tausend Meter mächtige Folge von Sanden, Sandsteinen, Conglomeraten, Thonen und Braunkohlen, die discordant von Quartär überlagert, zahlreiche Skeletreste von *Stegodon* (einer Uebergangsform zwischen *Mastodon* und *Elephas*), mehreren Mastodonten, Affen (*Semnopithecus*), *Hippotherium*, *Chalicotherium* (auch bei Pikermi), *Sivatherium*, der Riesenschildkröte *Colossochelys* u. s. w. enthalten.

Aehnliche, besonders durch stegodonte Elephanten ausgezeichnete

---

[1]) Neumayr u. Paul, Fauna d. Congerien- u. Paludinen-Schichten Slavoniens. Abh. d. geol. Reichsanst. 1875.

[2]) Marie Pawlow, Bull. soc. imp. natur. Moscou, 1896, 174.

[3]) Gaudry, Animaux foss. de l'Attique, 1862—1868.

Pliocänablagerungen sind auch aus den Knochenhöhlen Chinas und aus Japan bekannt.

Dem Pliocän gehören ferner wahrscheinlich auch die vulkanischen Tuffe der Insel Java an, in denen der holländische Arzt E. Dubois die in neuester Zeit so viel besprochenen Reste des Schädels, der Oberschenkel und Backenzähne eines sehr menschenähnlichen Primaten gefunden hat. Zusammen mit diesem „*Pithecanthropus erectus*", vielleicht wirklich einer Uebergangsform zwischen Affe und Mensch, haben sich Reste von Mastodonten und Hippopotamen gefunden [1]).

In Nordamerika findet sich marines Pliocän besonders in Florida und den benachbarten Küstenregionen des atlantischen Oceans und mexicanischen Golfs. Es sind die von Heilprin als Floridian bezeichneten Bildungen. Im Innern des Landes entsprechen auch diesen Ablagerungen mächtige limnische Absätze, die sogen. Blanco-Gruppe, mit Resten von *Elephas, Mastodon, Rhinoceros, Procamelus* etc.

In Südamerika gehört die mächtige marine Paraná-Stufe von Entrerios dem Pliocän an [2]).

Paläontologischer Charakter des Jungtertiärs.

Ueber die neogene Flora sind bereits oben einige Bemerkungen gemacht worden, und ebenso sind auch die Haupteigenthümlichkeiten der niederen Thierwelt schon im Vorhergehenden zur Sprache gekommen, so dass nur noch die jungtertiäre Säugethierfauna einer kurzen zusammenfassenden Besprechung bedarf.

Eine Hauptrolle spielen während der ganzen jüngeren Tertiärzeit die Proboscidier mit den drei Hauptgattungen *Dinotherium, Mastodon* und *Elephas.* Sie treten in der genannten Reihenfolge, *Dinotherium* und *Mastodon* bereits im Miocän, *Elephas* erst gegen Ende des Pliocän auf. *Dinoth.* geht nicht, *Mastodon* nur in Südrussland und Amerika über das Tertiär hinaus, während *Elephas* seine Hauptentwickelung erst im Diluvium erlangt. Das gewaltige *Dinotherium* (Fig. 95) war durch einfach gebaute Jochzähne und säbelförmige, nach unten gebogene untere Incisiven ausgezeichnet. Die Hauptfundstelle der bekanntesten Art, *D. giganteum,* ist in Deutschland Eppelsheim. *Mastodon* war elephantenähnlicher, besass aber häufig auch im Unterkiefer Stosszähne (also im Ganzen vier) und hatte Backzähne, deren Querjoche zitzenförmige Höcker

[1]) Verh. d. anthropol. Ges. Berlin 1895, 723.

[2]) Borchert, N. Jahrb. f. Min. XIV, Beilageb. 1901.

Gliederung des Jungtertiärs in einigen Hauptgebieten Europas.

	Nord- und Mitteldeutschland		Mainzer Becken	Süddeutschland, Schweiz	Wiener Becken	Frankreich	Belgien	England	Italien	
Ober-pliocän (Arnian)	Fluviatile Mastodonten-Schotter Thüringens und Hessens		Braunkohlen-bildungen von Niederrad					Süd-englische	Fluviat. Bildung. des unteren Arnothales	
Mittel-pliocän (Astian)							Amstelien Poederlien	Crag-bil-	Subapenn. von Asti u. Cast. Arquato	Sande des M. Mario Mergel d. Vatican
Unter-pliocän (Messinian)			Eppelsheimer Knochensand	Dino-theriensand von Ulm etc.	Levant. (Paludinen-) Sch. Pont. (Congerien-) Sch.		Scaldisien Diestien	dungen Lenham beds	Gyps- u. schwefelf. Schichten Siciliens Zancleano	
Ober-miocän (Sarmat.)	Glimmerthon Schleswig-Holsteins			Obere Süsswasser-mollasse	Sarmat. Sch.	Süsswasser-mollasse des Anjou			Marine Mergel von Tortona	
Mittel-miocän (Helvet.)	Holsteiner Gestein	(Jüngere) Braunkohlen u. Basalte Hessens, des Niederrheins etc.		Obere	Medi-terran-	Faluns von Salles und der Touraine	Boldérien		Conglomerate der Superga bei Turin	
Unter-miocän (Burdigalian)	Sandstein v. Brothener Ufer	Braunkohlen der Mark, v. Mecklenburg, Pommern, Hessen etc.	Hydrobien-Schichten Corbicula-Sch.	Meeres-mollasse	Ablag. d. Wiener Beckens	Faluns von Saucats und Léognan			Schio-Schichten	

trugen (Fig. 98, 99). *M. angustidens* und *turicensis* mioc., *longirostris* und *arvernensis* plioc. *Elephas* endlich ist bekanntlich durch Lamellen-

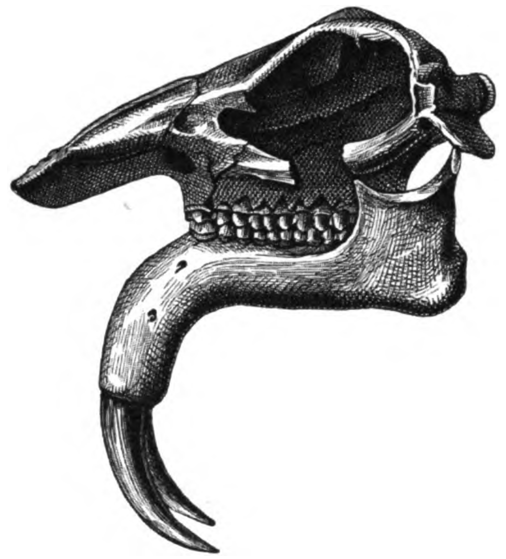


Fig. 95. ***Dinotherium giganteum*** Kaup. Pliocän von Eppelsheim (1/18 nat. Gr.).

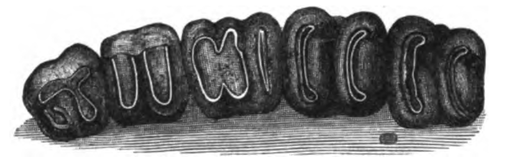


Fig. 96. Obere Backzähne desselben, von der Kaufläche aus gesehen (1/6 nat. Gr.).

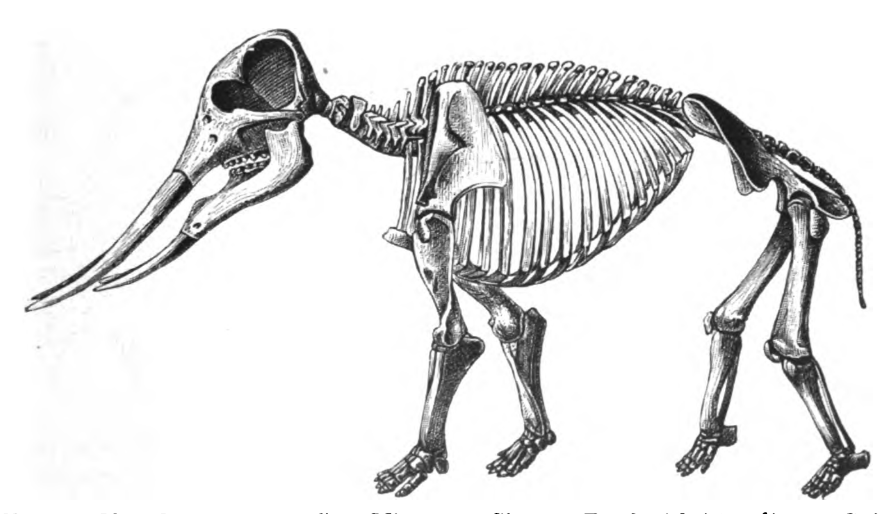


Fig. 97. ***Mastodon angustidens*** Cuv. Miocän von Simorre, Frankreich (etwa 1/88 nat. Gr.).

backzähne ausgezeichnet. In Europa treten an der Grenze von Tertiär und Diluvium zwei Arten auf: *E. antiquus*, der Urelephant, der grösste aller bekannten Landsäuger, von Nordengland bis nach Marokko und

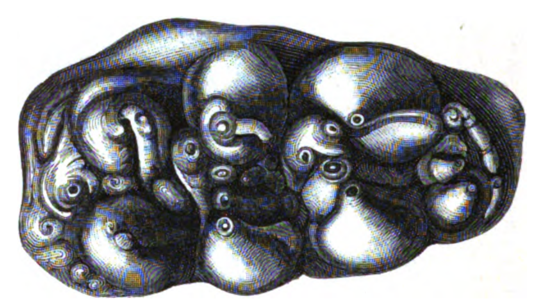


Fig. 98. Oberer letzter Backzahn von *Mastodon angustidens*, von oben gesehen ($^3/_4$ nat. Gr.)



Fig. 99. Unterer hinterer Backzahn von *Mastodon turicensis* Schinz, von der Seite gesehen. Miocän von Simorre ($^2/_5$ nat. Gr.).

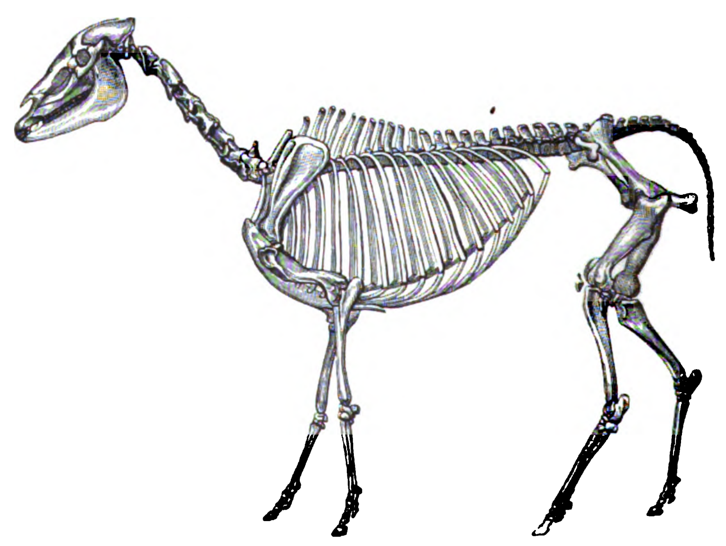


Fig. 100. *Hippotherium gracile* Kaup. Pliocän von Pikermi ($^1/_{20}$ nat. Gr.).

Südrussland gehend, und *E. meridionalis*, von Ostengland bis nach Südfrankreich und durch fast ganz Asien (Kaukasien, Japan) verbreitet.

Unter den imparidigitaten Ungulaten sind zunächst die Equiden zu nennen. Die beiden jungtertiären Haupttypen sind das miocäne *Anchitherium* und das pliocäne *Hippotherium* = *Hipparion*. Sie stellen eine schöne, von älteren tertiären Vorläufern zu der (erst im obersten Pliocän erscheinenden) Gattung *Equus* hinüberleitende Reihe dar, deren Ziel die Beseitigung der Seitenzehen (Fig. 101) und die Umwandlung der ursprünglich kurzen Wurzelzähne (Fig. 106 *A*) in lange Prismenzähne

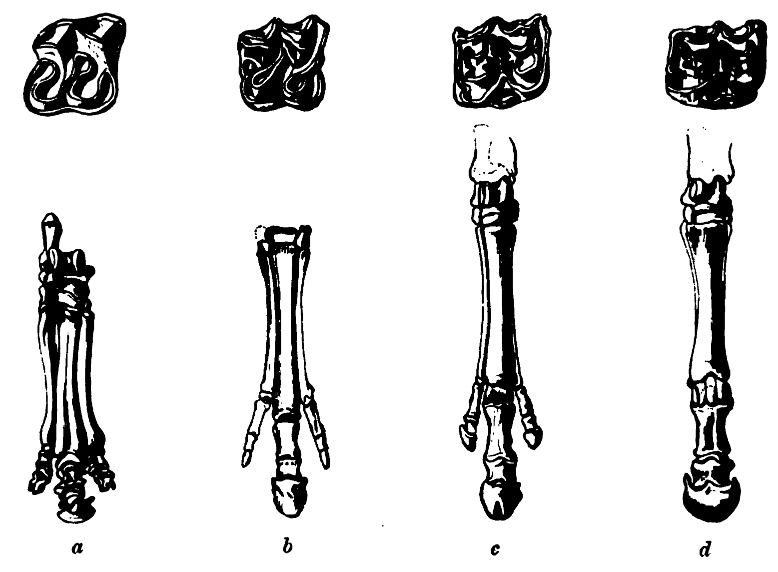


Fig. 101. Oberer Backzahn und Hinterfuss *a* von *Palaeotherium*, *b* von *Anchitherium*, *c* von *Hippotherium* und *d* von *Equus*.

(Fig. 106 *C*) bildet[1]). Hauptarten *Anch. aurelianense* und *Hipp. gracile* (Fig. 100).

Eine wichtige Rolle spielen ferner die zuerst im oberen Oligocän auftretenden Rhinoceroten. Besonders verbreitet waren im Miocän *Rh. (Aceratherium) lemanensis* u. a., im Pliocän der kleine hornlose *Rh. incisivus* (Fig. 104) und der grössere zweihörnige *Rh. Schleiermacheri* (Fig. 105) — mitunter, so bei Eppelsheim, beide neben einander vorkommend. Weiter wären zu nennen *leptorhinus*, *minutus* u. a. Von

[1]) Die alte Ansicht von der Abstammung der Pferde vom alttertiären *Palaeotherium* ist nicht haltbar. Nur in Amerika ist eine ununterbrochene, vom eocänen *Orohippus (Hyracotherium)* zu *Equus* hinüberführende Entwickelungsreihe vorhanden. *Hippotherium (Hipparion)* bildet nach Lydekker und Marie Pawlow keinen Vorläufer von *Equus*, sondern nur einen Seitenzweig der Pferdereihe.



sonstigen Unpaarhufern waren noch Tapire (*Protapirus* und *Tapirus*) vorhanden.

Unter den Paridigitaten sind einmal die Hippopotamen zu erwähnen als Formen, die im auffälligen Gegensatze zu ihrer heutigen Beschränkung auf Afrika in der jüngeren Tertiär- und älteren Diluvialzeit noch über ganz Südasien und Südeuropa bis nach England verbreitet waren. Die ältesten (von den Siwalik Hills) besassen drei obere und untere Incisiven (*Hexaprotodon*), die späteren nur zwei (*Tetraprotodon*). Zu diesen letzten gehört der oberpliocäne und altdiluviale, von dem lebenden *amphibius* kaum zu trennende *H. major*.

Weiter waren in Europa seit dem Miocän ächte Schweine vor-

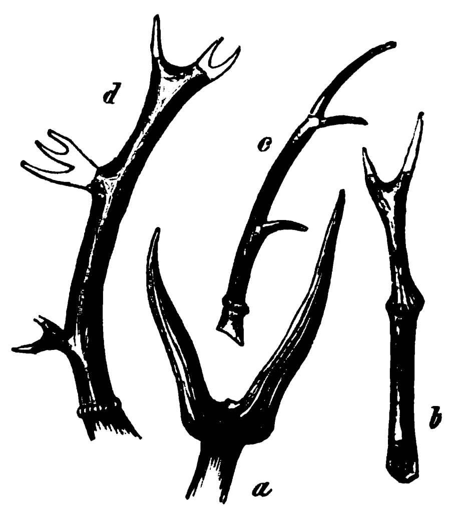


Fig. 102. Geweihe von: *a Cervus (Palaeomeryx) elegans* Lartet = *furcatus* Hens. Mioc., Sansan. *b C. (Pal.) anocerus* Kaup. Plioc., Eppelsheim. *c C. Matheronis* Gaudr. Plioc., M. Luberon. *d C. martialis* Croiz. et Job. Plioc., St. Martial (sämmtlich etwa 1/7 nat. Gr.).

handen und im Pliocän namentlich in den Siwalik Hills sehr häufig. *Sus antiquus* im Miocän, *S. erymanthius* eine gigantische Pliocänform.

Zu den höchststehenden Paridigitaten, den Wiederkäuern übergehend, sehen wir einmal die Cameliden eine nicht unbedeutende Rolle spielen. Die Gattung *Camelus* selbst ist nur aus dem obersten Pliocän der Siwalik Hills bekannt, dagegen sind verwandte Gattungen (*Auchenia*, das Lama, *Protauchenia*) auch im jüngeren Pliocän Süd- und Nordamerikas vorhanden, und Vorläufer (*Procamelus*, *Protolabis* etc.) reichen im letztgenannten Gebiete bis ins ältere Neogen, ja vielleicht noch weiter zurück.

Viel wichtiger sind die Hirsche. Die ältesten, zu denen der unter(?)miocäne *Procervulus* gehört, besassen nach Gaudry kein ab-

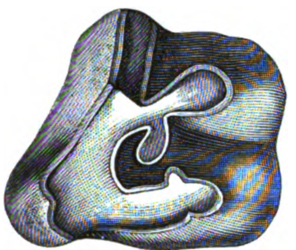


Fig. 103. Oberer Backzahn von *Acera-therium incisivum* (²/₃ nat. Gr.).

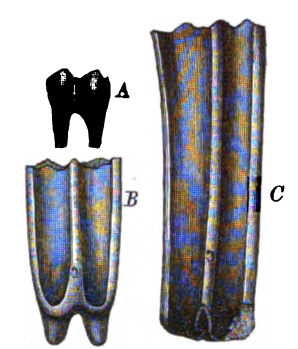


Fig. 106. Zahn von *Anchitherium (A)*, *Hippotherium (B)* und *Equus (C)* (¹/₂ nat. Gr.).

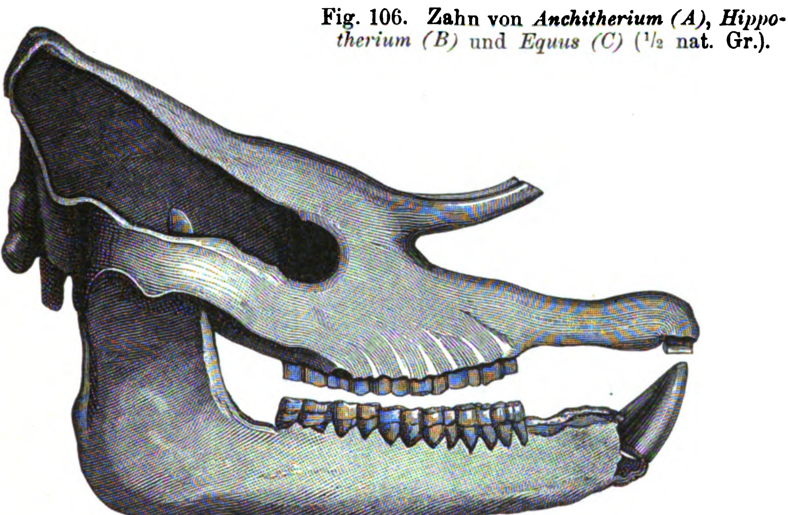


Fig. 104. *Rhinoceros (Aceratherium) incisivus* Cuv. (¹/₆ nat. Gr.).

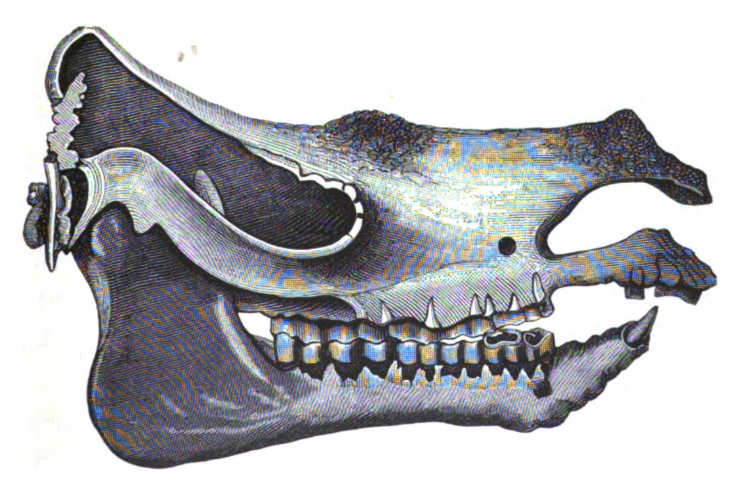


Fig. 105. *Rhinoceros (Dihoplus) Schleiermacheri* Kaup. (¹/₇ nat. Gr.).

werfbares, sondern nach Art der Hörner der Antilopen, Schafe u. s. w. ein perennirendes Geweih und überbrücken damit die gegenwärtig zwischen geweih- und horntragenden Wiederkäuern bestehende Kluft. Die älteren Hirsche sind durch einen langen Rosenstock und ein tiefgabeliges zweispitziges Geweih ausgezeichnet (Untergatt. *Palaeomeryx* oder *Dicrocerus* [Fig. 102 *a* u. *b*] von Steinheim, Sansan, Pikermi etc.). Erst später stellten sich Formen mit kurzem Rosenstock und dreispitzigem Geweih ein (*Cervus Matheroni* und *martialis* [Fig. 102 *c* u. *d*]), und erst vom obersten Pliocän an traten solche mit reichverzweigtem Geweih auf (*C. Sedgwicki* [Fig. 107]).

Neben den Hirschen spielen auch Antilopen eine grosse Rolle. Sie erlangen ihre grösste Häufigkeit im älteren Pliocän (Mt. Luberon etc.), während sie im älteren Miocän (Sansan etc.) noch seltener sind. Weiter

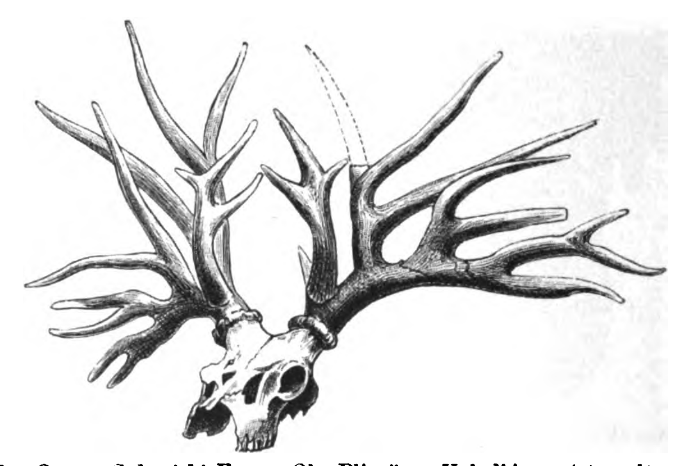


Fig. 107. *Cervus Sedgwicki* FALC. Ob. Pliocän. Val d'Arno (etwa 1/20 nat. Gr.).

wären von Pikermi und den Siwalik Hills Giraffen (*Helladotherium, Camelopardalis, Sivatherium* u. a.) zu erwähnen.

Als eine interessante Uebergangsform zwischen Antilope und Ziege sei ferner die Gattung *Tragoceros* von Pikermi genannt, während ächte Ziegen, Schafe und ebenso Rinder erst von Beginn des Diluviums an eine grössere Häufigkeit erlangen. Von diesen letzten wäre aus europäischem Neogen nur der jungpliocäne *Bos etruscus* (Val d'Arno etc.) aufzuführen, während sie zur selben Zeit in Indien bereits stärker entwickelt waren (*B. planifrons* und *namadicus*, *Bison sivalensis*).

Eine grosse Entwickelung erlangten im Neogen die Raubthiere. Sie waren zum Theil, wie *Hyaenarctos* (Siwaliks, Südfrankreich), *Ictitherium* und *Hyaenictis* (Pikermi), noch Mischtypen von Hyäniden, Viverriden

und Ursiden; neben solchen treten aber im Pliocän bereits ächte Hyänen, Katzen (*Felis attica,* Pikermi), Hunde (*Canis etruscus,* Val d'Arno) und Bären (Südfrankreich) auf. Eine besonders charakteristische in der Pliocänzeit fast über die ganze Welt verbreitete, auch ins Diluvium hinaufreichende Gestalt ist *Machaerodus*, der Säbeltiger, vielleicht das furchtbarste Raubthier, das je gelebt hat, mit riesigen, seitlich zusammengedrückten, säbelförmigen, an der Schneide gekerbten oberen Caninen (Fig. 108).

Auch Cetaceen sind aus dem Jungtertiär bekannt. Die eocänen Zeuglodontiden waren bereits verschwunden. An ihre Stelle waren die

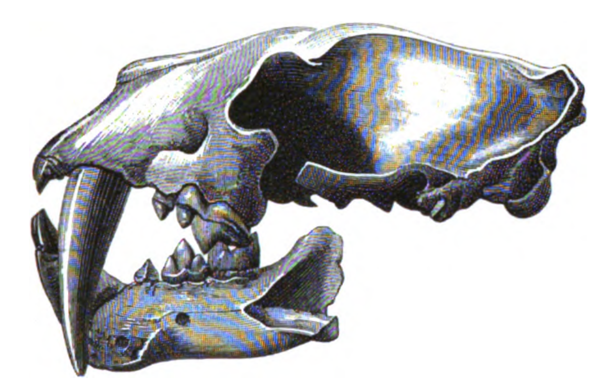


Fig. 108. *Machaerodus meganthereon* Croiz. et Job. Südfranzös. Plioc. (1/3 nat. Gr.).

Squalodontiden mit der fast über die ganze Erde verbreiteten Gattung *Squalodon* getreten.

Minder wichtig als die genannten Ordnungen sind die Affen. Sie waren damals noch über ganz Süd- und Mitteleuropa (Eppelsheim, schwäbische Alb [Heppenloch], Südfrankreich, Pikermi) verbreitet. Der javanische *Pithecanthropus* ist schon oben als eine hochinteressante, möglicherweise als Uebergangsform zwischen Affe und Mensch anzusehende Primatenform genannt worden [1]).

Sehr abweichend von der neogenen Säugethierfauna der nördlichen war die der südlichen Halbkugel, wie sie besonders aus der miocänen patagonischen Formation Südamerikas bekannt ist. Sie setzt sich hauptsächlich aus Marsupialiern, Edentaten, Toxodontien und Nagern zusammen.

In Australien lebte in der Neogenzeit wie schon in früheren Perioden eine der heutigen ähnliche, fast ausschliesslich aus Beutelthieren bestehende Säugethierfauna.

---

[1]) G. Schwalbe, Zeitschr. f. Morph. Anthrop. 1899, 225.

B. Quartärformation.

Die Quartärformation stellt den jüngsten, sich bis in die Gegenwart hinein fortsetzenden Zeitabschnitt der Erdgeschichte dar. Es gehört ihm die Gesammtheit der meist lockeren Geröll-, Sand-, Lehm-, Thon- und sonstigen Bildungen an, die von den Geologen der WERNER'schen Schule als „aufgeschwemmtes Land" bezeichnet wurden. Heutzutage werden diese Ablagerungen in zwei Hauptabtheilungen zerlegt, eine ältere, das **Diluvium** oder Plistocän (nach Analogie der Ausdrücke Miocän, Pliocän etc. aus πλεῖστον, das Meiste, und καινός, neu, gebildet), und eine jüngere, das **Alluvium** oder die gegenwärtige (moderne) Epoche.

Die Quartärschichten stehen den älteren Formationen zwar an Mächtigkeit nach, aber nicht an Verbreitung, welche vielmehr so bedeutend ist wie bei irgend einer der älteren Formationen. Der Boden fast aller tiefliegenden Landstriche ist aus quartären Ablagerungen zusammengesetzt, die vielfach, wie in Norddeutschland, auf weite Erstreckung alle älteren Gesteine verhüllen. Durch den Umstand, dass die Quartär- und namentlich die Alluvialgebilde überall den für die Landwirthschaft geeignetsten Boden abgeben, haben sie nationalökonomisch die allergrösste Wichtigkeit.

Wenn schon von den tertiären Bildungen bemerkt wurde, dass der rasche Facieswechsel und die vielfach beschränkte Verbreitung der Ablagerungen verschiedener Gegenden ihre genauere Altersvergleichung sehr erschweren, so gilt dies in noch höherem Maasse für die Quartärschichten; und zwar um so mehr, als hier der Altersbestimmung noch eine weitere Schwierigkeit aus der oft sehr grossen Seltenheit oder dem völligen Mangel von Versteinerungen erwächst.

I. Diluvium.

Geschichtliches und Allgemeines.

Die sich unmittelbar an das Tertiär anschliessende Diluvialepoche stellt die Zeit der allmählichen Herausbildung der heutigen geographischen, klimatischen und biologischen Verhältnisse dar.

Die Verbreitung der Meere war schon zu Beginn der Quartärzeit nicht mehr wesentlich von der jetzigen verschieden. Immerhin wich das Aussehen von Europa damals noch in manchen nicht unwesentlichen Zügen von dem heutigen ab. So hingen z. B. die britischen Inseln in

der Diluvialzeit über die jetzige Meerenge von Calais hinweg noch mit Nordfrankreich zusammen. Diese Meerenge ist erst im Laufe der Quartärepoche entstanden, wie man annimmt, durch Erosion der nordfranzösischen Flüsse (Seine, Somme u. s. w.) einerseits und des Rheins, der Themse u. s. w. andererseits. Der Rhein war damals ein mächtiger, viel weiter nördlich als heute ins Meer mündender Strom, wie man aus dem Vorkommen von Mammuthresten in den untermeerischen Kiesschichten nicht nur des Kanals, sondern auch der weit in der Nordsee gelegenen Doggerbank schliessen muss.

Wahrscheinlich ist in der älteren Diluvialzeit auch noch ein fester Zusammenhang Europas über Asien mit Nordamerika vorhanden gewesen.

Ob das Ostseebecken zu Beginn der Diluvialzeit schon bestanden hat, ist noch nicht sicher. Dagegen scheint nach neueren russischen Untersuchungen festzustehen, dass das heutige Schwarze Meer erst in einer verhältnissmässig späten Phase der Diluvialzeit entstanden ist, und zwar — wie die auf seinem Boden unter den recenten Meeresablagerungen angetroffenen subfossilen Conchylien beweisen — an Stelle eines früheren Binnensees. Während der älteren Quartärzeit war dieser See vom Mittelmeer noch durch das ägäische Festland (vergl. S. 511) geschieden; erst durch dessen allmählichen Zusammenbruch bildete sich zuerst das jetzige nordägäische Meer, dann gliederte sich ihm der Pontus an.

Es ist eine alte Annahme der englischen Geologen (Lyell, de la Beche, Godwin Austen u. A.), dass Grossbritannien zu Beginn des Quartär um mehrere 100 m höher lag als heute. Wahrscheinlich muss diese Annahme auf grosse Theile Europas und Nordamerikas ausgedehnt werden. Denn in beiden Gebieten kennt man Thatsachen, die nur aus ihr heraus eine genügende Erklärung finden. So besonders die tiefen untermeerischen Rinnen, die sowohl in der Verlängerung der norwegischen Fjorde als auch der grossen Thäler an der atlantischen und pacifischen Küste Nordamerikas (Potomac, Delaware u. s. w.) vorhanden sind und auf eine tiefe Versenkung der betreffenden Continentalränder hinweisen. Es ist sehr möglich, dass die bedeutende Höhenlage Europas und Nordamerikas in jener Zeit eine Hauptursache für die grosse diluviale Vergletscherung beider Continente abgegeben hat.

Im Unterschiede von den Gesteinen der älteren Formationen besteht die Hauptmasse der diluvialen Bildungen nicht sowohl aus im Meere oder in grossen Landseen entstandenen Ablagerungen als vielmehr aus Absätzen des fliessenden Wassers. Die betreffenden Schotter-, Kies-, Sand-, Lehm-, zum Theil auch die Kalksinter- und Torfbildungen sind daher im Wesentlichen an die heutigen Flussthäler geknüpft, die der Mehrzahl nach schon in diluvialer Zeit vorhanden, wenn auch noch nicht bis zu ihrer heutigen Tiefe ausgefurcht waren. Neben solchen aus

strömendem Wasser abgelagerten Bildungen spielen weiter äolische, d. h. durch Wind und Regen zusammengetragene Lehme eine ansehnliche Rolle. Greifen schon diese letzten vielfach über das Gebiet der heutigen Thalzüge hinaus, so gilt dies in noch höherem Grade von den merkwürdigsten Diluvialgebilden, den unter Mitwirkung von Eis entstandenen oder glacialen Ablagerungen, die sowohl in Europa als auch in anderen Erdtheilen über ungeheuere Flächen verbreitet sind.

Sein Hauptgepräge erhält das Diluvium durch die starke, sich damals über die ganze nördliche Hemisphäre, vielleicht sogar über die ganze Erde geltend machende Temperaturerniedrigung. Dass sich diese Kälteperiode, die sogenannte Eiszeit nicht ganz unvermittelt einstellte, darauf weist die allmähliche Zunahme nordischer Molluskenformen in den jüngsten Tertiärablagerungen mancher Gegenden, besonders im englischen Crag (vergl. S. 513) hin. Bald nach Anbruch der Diluvialzeit aber sank die Temperatur in dem Grade, dass sich in Europa, und zwar besonders in den skandinavischen Hochgebirgen ungeheuere Gletscher entwickelten, die nach Art der sich gegenwärtig über Grönland ausbreitenden Inlandeisdecke den ganzen Norden unseres Continentes mit einer mächtigen Eisdecke überzogen. Gleich allen Gletschern brachten diese gewaltigen Eismassen ausserordentliche Mengen groben und feineren Gesteinsmaterials mit, das nach dem Abschmelzen des Eises zurückblieb und zur Bildung der erratischen oder besser glacialen (früher meist als Driftbildungen bezeicheten) Ablagerungen Nordeuropas Veranlassung gab. Gletscherschliffe und -schrammen, Rundhöcker, Moränenwälle und andere weiter unten genauer zu besprechende Erscheinungen sind in ganz Nordeuropa ebenso wie in den mittel- und südeuropäischen Gebirgen, in Nordamerika und anderen Gebieten als Zeugen dieser gewaltigen ehemaligen Vereisung zurückgeblieben und liefern zusammen mit den damals bis nach Südeuropa vorgedrungenen nordischen Thieren und Pflanzen unwiderlegliche Beweise für die grosse während der Eiszeit eingetretene Abkühlung.

Trotz der Klarheit dieser Beweise hat es lange gedauert, bis sich die richtige Erkenntniss von der Bildungsweise der Glacialablagerungen Bahn brach. Zwar hatte schon zu Anfang d. vor. Jahrh. der englische Geologe Playfair behauptet, dass die grossen erratischen Blöcke der Schweizer Hochebene durch Gletscher an ihre heutige Stelle gelangt seien, und unabhängig von ihm hatte sich 1827 der Schweizer Ingenieur Venetz in gleichem Sinne ausgesprochen; allein diese Erklärung fand wenig Glauben und konnte sich trotz des ihr von Charpentier, L. Agassiz und Anderen gespendeten Beifalls nicht gegenüber der von Ch. Lyell

aufgestellten Drifttheorie behaupten. Dieser Theorie zufolge sollte das Material der erratischen Ablagerungen nicht durch Gletscher, sondern durch schwimmende Eisberge herbeigeschafft worden sein. Nach Art der jetzt alljährlich an der Neufundlandbank strandenden, nachweislich von grönländischen Gletschern stammenden Eisschollen sollten jene Eisberge durch Meeresströmungen von Skandinavien nach Süden getrieben worden sein und in der jetzigen norddeutschen Tiefebene, die nach Lyell's Annahme damals noch vom Meere bedeckt war, bei ihrem Abschmelzen die mitgebrachten Gesteinsmassen ausgestreut und so das Material zur Bildung des diluvialen Blocklehms, Sandes u. s. w. geliefert haben.

Fast drei Jahrzehnte lang hat die Lyell'sche Drifttheorie trotz vieler sehr gegen sie sprechender Thatsachen, wie namentlich die auf grosse Erstreckung hin vollständig mangelnden Meeresmuscheln, das Feld fast unbestritten behauptet, bis sie endlich in den 70er Jahren durch die Glacialtheorie verdrängt worden ist. Diese darf als Frucht der langjährigen Forschungen englischer und skandinavischer Geologen, namentlich der ausgedehnten vergleichenden Untersuchungen des schwedischen Gelehrten Otto Torell bezeichnet werden, aus welchen die einheitliche Entstehung des skandinavischen und norddeutschen Glacialdiluviums allmählich immer deutlicher ersichtlich wurde. Im Falle einer solchen einheitlichen Entstehung aber konnte die Drifttheorie unmöglich richtig sein; denn die mittlerweile in Skandinavien ausgeführten Arbeiten hatten die Bildung des dortigen Erraticums durch Gletscherthätigkeit zu vollster Gewissheit gemacht [1]).

Dank den rastlosen, in den letzten 15 Jahren von deutschen und skandinavischen Geologen, namentlich von Berendt, H. Credner, de Geer, Helland, Jentzsch, Keilhack, Penck, H. Schröder und Wahnschaffe in Norddeutschland ausgeführten Untersuchungen und der Fülle der dadurch für die ehemalige Vergletscherung dieses Gebietes gewonnenen Beweise hat die Glacialtheorie jetzt auch bei uns allgemeinen Eingang gefunden. In England, in dessen gebirgigen Theilen die Spuren der Eiszeit allenthalben sehr deutlich sind, ist die neue Theorie namentlich infolge der trefflichen Arbeiten von Ramsay und den Brüdern Geikie [2]) schon seit längerer Zeit allgemein angenommen. Auch die nordamerikanischen Geologen, die sich in neuerer Zeit eifrig mit dem Erraticum ihrer Heimath beschäftigt haben, stehen ausnahmslos auf dem Boden der Glacialtheorie, für deren weiteren Ausbau sie eine Menge entscheidender Beweise beigebracht haben.

---

[1]) Vergl. Berendt, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1879, S. 1.

[2]) Vergl. bes. die beiden wichtigen grösseren Werke von James Geikie, The great Ice Age, 2. Aufl., 1877 und Prehistoric Europe, 1881.

Das kalte niederschlagsreiche Klima hat nicht während des ganzen Eiszeitalters angedauert. Es kann vielmehr als erwiesen gelten, dass in Europa wie in Nordamerika grosse Klimaschwankungen stattgefunden haben, die ein wiederholtes mächtiges Vordringen und darauf wieder ein starkes Abschmelzen und Sichzurückziehen des Inlandeises zur Folge hatten. Man bezeichnet die kalten Zeiten, in denen das Eis vordrang, als Eis- oder Glacialzeiten, die wärmeren Zwischenzeiten, in denen es sich wieder zurückzog, als Interglacialzeiten. Ueber die genauere Zahl der Glacial- und Interglacialzeiten herrscht noch grosse Unsicherheit. Sie erklärt sich daraus, dass es oft sehr schwer ist zu entscheiden, ob der aus Beobachtungen in einem bestimmten Gebiete zu schliessende Rückzug des Eises nur einem örtlichen Zurückweichen des Eisrandes oder aber einem durch Aenderung der klimatischen Verhältnisse bedingten allgemeinen Abschmelzen des Binneneises entspricht.

In Norddeutschland unterschied man früher nur zwei, neuerdings aber gewöhnlich drei Glacialzeiten, deren zweite grösste man als Haupteiszeit bezeichnet. Diese drei Vereisungsperioden waren von einander durch zwei Interglacialzeiten, eine ältere und eine jüngere getrennt. Bezeichnet man ausserdem die allerfrühste, noch verhältnissmässig warme der ersten Vereisung vorausgehende Phase der Diluvialperiode als präglacial, die auf die letzte Vereisung folgende Phase aber als postglacial, so ergiebt sich daraus folgende, nicht nur für Norddeutschland, sondern wie sich später zeigen wird auch für das Alpengebiet gültige allgemeine Gliederung der Diluvialzeit[1]:

Postglacialzeit.
Dritte oder letzte Glacialzeit (Zeit des sogen. baltischen Gletschers).
Zweite oder jüngere Interglacialzeit.
Zweite oder Haupt-Glacialzeit.
Erste oder ältere Interglacialzeit.
Erste oder älteste Glacialzeit.
Präglacialzeit.

Gleich hier sei bemerkt, dass mit jedem grossen Vorrücken des Landeises während der Eiszeiten die Bildung ausgedehnter ungeschichteter der Grundmoräne der heutigen Gletscher entsprechender Blocklehme oder Geschiebemergel Hand in Hand ging, während in jeder grossen Abschmelzperiode oder Interglacialzeit geschichtete „Fluvioglacialgebilde", in erster Linie Sande und Kiese, daneben mannigfache Thon-, Torf- und Süsswasserkalklager entstanden. So ent-

[1]) Berendt, Keilhack, Schröder u. Wahnschaffe, Jahrb. d. pr. geol. Landesanstalt f. 1897 (1899), S. 42.

spricht der jüngsten Vereisung Norddeutschlands unser oberer, der Haupteiszeit der untere Geschiebemergel, der ältesten Eiszeit die erst vor wenigen Jahren entdeckten ältesten Geschiebelehme von Hamburg und andern Punkten; während die zahlreichen diluvialen Geschiebesande und Grande, die Thon-, Kalk-, Diatomeen- und Torflager, die muschelführenden marinen Ablagerungen thoniger oder sandiger Natur den Interglacialzeiten entstammen.

Eine viel weitergehende Eintheilung der europäischen Glacialablagerungen hat James Geikie[1]) aufgestellt. Ausgehend von den Verhältnissen in England, glaubt dieser Forscher folgende 6 Glacial- und 5 Interglacialzeiten unterscheiden zu können:

6. Vereisung: Ob. Turbarian (d. h. Torfmoorstufe)
5. Interglacialzeit: Ob. Forestian (d. h. Waldbettstufe)
5. Vereisung: Unt. Turbarian
4. Interglacialzeit: Unt. Forestian
4. Vereisung: Mecklenburgian
3. Interglacialzeit: Neudeckian[2])
3. Vereisung: Polandian
2. Interglacialzeit: Helvetian
2. Vereisung: Saxonian
1. Interglacialzeit: Norfolkian
1. Vereisung: Scanian[3])

Zu dieser Gliederung ist zu bemerken, dass Geikie seinem Scanian ausser den ältesten Glacialbildungen Schonens und anderer Gegenden besonders die obersten Glieder des englischen Crag, die Weybourn- und Chillesford beds zurechnet, die gewöhnlich als pliocän classificirt werden und deren Deutung als Moränenablagerungen auch mindestens noch zweifelhaft ist. Im Uebrigen stimmt G.'s Eintheilung wenigstens insofern mit der norddeutschen überein, als sein Saxonian unserer Haupteiszeit entsprechen soll, sein Polandian und Mecklenburgian aber unserer jüngsten oder baltischen Vereisung. Vom U.- und Ob. Turbarian endlich könnte man annehmen, dass ihnen die Moränen kleiner, noch nach der letzten Eiszeit in den Gebirgen Schottlands, Skandinaviens und anderer Gebiete zurückgebliebener Gletscher zu Grunde liegen.

Der bekannte amerikanische Glacialforscher Chamberlin hat sich zustimmend zu G.'s Eintheilung geäussert und ausgesprochen, dass dem Saxonian in Nordamerika die Ablagerungen der dortigen Haupteiszeit, der sogen. Kansas-Formation zu entsprechen schienen, dem Helvetian die dort als Aftonian bezeichneten Interglacialbildungen, dem Po-

---

[1]) Glacial Succession in Europe. Trans. Roy. Soc. Edinb. 37, 127, 1892. — Journ. of Geol. III, 241. Chicago 1895.

[2]) Nach Neudeck unweit Freystadt in Westpreussen.

[3]) Nach der Landschaft Schonen im südlichen Schweden.

landian die Iowa-Form., dem Neudeckian die Toronto-Form., dem Mecklenburgian endlich die Wisconsin-Formation. Die norddeutschen Geologen dagegen verhalten sich ablehnend gegen die GEIKIE'sche Gliederung. Sie leugnen, dass für Norddeutschland Beweise für eine öftere als dreimalige Vereisung vorlägen und behaupten, dass die Unterscheidung von zwei gesonderten Eiszeiten (Polandian und Mecklenburgian) für die Ablagerungen unserer letzten Vereisung ungerechtfertigt sei [1]).

Dass die grosse Temperaturerniedrigung des Eiszeitalters ihren Stempel auch der Lebewelt jener Zeit aufdrücken musste, liegt auf der Hand. Die Nachkommen der tertiären Thiere und Pflanzen wurden durch die zunehmende Kälte gezwungen ihre Wohnsitze zu verlassen und mildere Gegenden aufzusuchen. Als nach Ablauf der ersten Eiszeit wieder günstigere klimatische Verhältnisse Platz griffen, trat zwar eine theilweise Rückwanderung der nach Süden geflüchteten Formen ein; sie war indess nicht von langer Dauer, da die bald eintretende zweite stärkere Vereisung aufs Neue alle Lebewesen nach Süden drängte. Durch diese sich mehrmals wiederholenden Oscillationen wurden die anfänglich vorhandenen, aus der Tertiärzeit übrig gebliebenen Formen wie *Elephas meridionalis* und *antiquus*, *Hippopotamus*, *Machaerodus* u. a. allmählich vernichtet und durch nordische Arten ersetzt; und so sind es diese, die der Diluvialfauna ihr charakteristisches Gepräge verleihen. Solche nordische Arten haben unsere Gegenden fast die ganze Diluvialperiode über bewohnt und haben sich bis an den Fuss der Alpen und Pyrenäen, ja zum Theil bis an die Adria und ans Schwarze Meer verbreitet [2]). Erst nach dem endgültigen Rückzuge des Inlandeises wanderten sie wieder in ihre nordische Heimath zurück, in der wir sie noch heute lebend antreffen, oder sie zogen sich wie manche Alpenpflanzen und der Steinbock, das Murmelthier u. a. in die höchsten Theile der Hochgebirge (Alpen, Pyrenäen, Kaukasus) zurück, wo sie in der Nachbarschaft von ewigem Schnee Lebensbedingungen finden, wie sie jetzt nur noch in der Polarregion vorhanden sind, im Eiszeitalter aber in grossen Theilen von Europa herrschten.

Was die diluviale Flora betrifft, so muss man scharf unterscheiden zwischen den Floren der Interglacialzeit, die unter klimatischen Verhältnissen lebten, die den heutigen ähnlich oder sogar noch etwas günstiger waren, und der eigentlichen Glacialflora, die sich aus hoch-

---

[1]) KEILHACK, Die GEIKIE'sche Gliederung der nordeuropäischen Glacialablagerungen. Jahrb. d. pr. geol. Landesanst. f. 1895, S. 111.

[2]) E. BEYER, Verbreit. d. Thierformen d. arkt. Region in Europa während der Diluvialzeit. Dissert. Marburg 1894.

nordischen Arten wie *Salix polaris*, *Betula nana*, *Dryas octopetala* u. s. w. zusammensetzte. Genauere Mittheilungen über diese Floren sollen später gemacht werden.

Was die niedere diluviale Thierwelt angeht, so muss daran erinnert werden, dass wir schon früher in der allmählichen Zunahme nordischer Mollusken im englischen Crag und im Vorhandensein von *Cyprina islandica* und anderen Bewohnern nördlicher Meere im jüngsten Pliocän des Mittelmeeres Anzeichen einer zunehmenden Verschlechterung des Klimas am Schluss der Tertiärzeit kennen gelernt haben. Wir werden uns daher nicht wundern können, wenn wir in den Ablagerungen der Eiszeit selbst bei uns hochnordische Formen wie *Yoldia arctica* antreffen. Daneben fehlt es freilich andererseits nicht an Molluskenfaunen von wärmerem Charakter, wie wir sie in den bekannten Austernbänken von Stade und Blankenese und in den Cardiensanden von Lauenburg und Westpreussen antreffen.

Wichtiger ist die diluviale Säugethierfauna, deren Reste sich in den inter- und postglacialen Ablagerungen oft in grosser Menge finden. Man kann die hierher gehörigen Formen in zwei Gruppen eintheilen: 1. in seit der Diluvialzeit ausgestorbene Thiere wie Mammuth und Rhinoceros, und 2. in seitdem ausgewanderte, jetzt nur noch in hohen Breiten (Lappland, Nordsibirien, Grönland) oder in den Hochgebirgen lebend anzutreffende Formen wie Renthier, Moschusochs, Murmelthier u. a. Zu der letzten Gruppe könnte man auch die erst in geschichtlicher Zeit verschwundenen oder ausgerotteten Thiere, wie *Bos primigenius, Bison priscus, Cervus alces* u. s. w. rechnen.

Nach den grossen Säugern pflegt man drei Abschnitte der Diluvialperiode zu unterscheiden:

1. Die Antiquus-Zeit mit verhältnissmässig warmem Klima. Die Hauptform ist hier *Eleph. antiquus;* in zweiter Linie wären *Rhinoc. Mercki, Hippopotamus, Machaerodus, Equus Stenonis, Trogontherium* u. a. zu nennen.

Noch etwas älter als die *Antiquus*-Zeit dürfte die durch *Eleph. meridionalis* gekennzeichnete, vielleicht dem Präglacial entsprechende Phase der Diluvial-Periode sein. Hierhergehörige Ablagerungen sind bisher nur an wenigen Punkten, wie besonders in den Forest beds von Cromer in Südengland nachgewiesen.

2. Die Primigenius-Zeit mit kaltem und feuchtem Klima. Neben dem leitenden *Eleph. primigenius* (dem Mammuth) treten hier auf *Rhinoc. antiquitatis, Ursus spelaeus* (der Höhlenbär), ferner *Hyaena spelaea, Megaceros hibernicus, Bos primigenius, Bison priscus* etc.

3. Die Renthier-Zeit mit anfänglich kaltem und trockenem, später allmählich milder und feuchter werdendem Klima. Neben dem

Renthiere (*Rangifer tarandus*) treten hier, wenn auch nicht mehr so häufig, noch Mammuth, Rhinoceros und Höhlenbär auf.

Ungefähr das nämliche (wesentlich postglaciale) Alter wie die letztgenannte Fauna hat die merkwürdige zuerst von Nehring entdeckte Nagethierfauna, die sich aus Arten zusammensetzt, die noch in den russisch-asiatischen Steppen und Tundren (Moossteppen)[1]) leben. Sie lässt sich in zwei an einigen Stellen getrennt übereinander liegende Faunen trennen: 1. die ältere, auf ein kalt-trockenes Klima hinweisende Lemming- oder Tundren-Fauna mit dem Lemming (*Myodes torquatus*) als Hauptform, und 2. die jüngere, für ein etwas weniger kaltes Klima sprechende eigentliche Steppenfauna mit Ziesel (*Spermophilus*), Pfeifhase (*Lagomys*), Pferdespringer (*Alactaga*), Steppenmurmelthier (*Arctomys*) etc. und einigen nordischen Formen (Renthier etc.)

Diese letzte Fauna wird an manchen Stellen (Schweizersbild bei Schaffhausen) durch eine Weidefauna, in der namentlich das Pferd häufig wird, und diese endlich an der Schwelle der Alluvial-Zeit durch eine noch jüngere Waldfauna mit Hirsch, Reh, Wildschwein u. s. w. abgelöst — Thatsachen, die uns deutlich das allmähliche Feuchter- und Milderwerden des Klimas seit der Eiszeit vor Augen führen.

In die Diluvialzeit fällt auch das erste sichere Auftreten des Menschen. In der Regel findet man nicht sowohl sein Knochengerüst[2]) als Reste seiner Kunstthätigkeit, besonders mehr oder weniger rohe Steinwerkzeuge. Man bezeichnet diese älteste, der Diluvialperiode angehörige Zeit seines Daseins als paläolithische oder ältere Steinzeit und unterscheidet nach dem Grade der Bearbeitung der Artefacte wohl noch weiter: 1. das ungefähr der Antiquus-Zeit entsprechende Chelléen (nach Chelles unweit Paris), 2. das Mousterien (nach Moustier in der Dordogne), etwa = der Primigenius-Zeit, und 3. Magdalénien (nach den Madelainehöhlen in der Dordogne) = der Renthier-Zeit.

---

[1]) Nehring, Tundren u. Steppen d. Jetzt- u. Vorzeit. Berlin 1890.

[2]) Zu den ältesten Menschenresten Deutschlands gehören die im Kalktuff von Taubach (unweit Weimar) gefundenen der *Antiquus*-Stufe angehörigen Backenzähne (Nehring, Naturw. Wochenschr. 10, Nr. 31). An keiner anderen Stelle aber dürften Menschenreste in solcher Menge gefunden worden sein wie in der Höhle von Krapina in Kroatien, wo sie mit *Rhinoc. Mercki* zusammenliegen. In der ungeheuren Verdickung des oberen Augenrandes wie auch in der Zahnbildung zeigen die Krapina-Schädel entschieden pithekoide Merkmale (Kramberger, Mitth. d. anthrop. Ges. Wien Bd. 31, 1901).

Verbreitung und Entwickelung des Diluviums.

Glacialgebiet der Alpen[1]).

Entsprechend ihrer bedeutenden Erhebung und Ausdehnung und ihrer geographischen Lage sind die Alpen in der Diluvialzeit der Ausgangspunkt einer sehr ansehnlichen selbständigen Vereisung gewesen. Das ganze Gebirge war damals mit gewaltigen, mindestens 1000 m

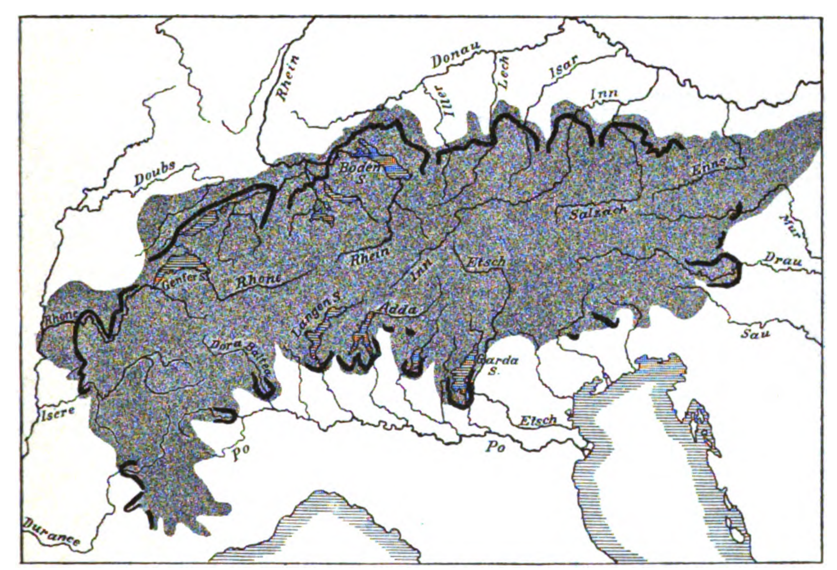


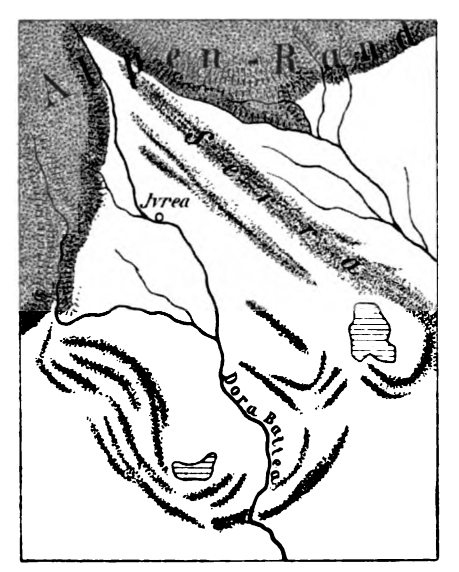
Fig. 109. Uebersichtskärtchen des Alpengebietes im Eiszeitalter. (Dunkel: Vereistes Gebiet der Haupteiszeit. Schwarze Linien: Endmoränen der letzten Vereisung.)

dicken, alle Thäler erfüllenden und nur die höchsten Gipfel freilassenden Eismassen bedeckt. Am Fuss des Gebirges vereinigten sich die aus den Thälern hervordringenden Gletscherströme zu einer mächtigen einheitlichen Eisdecke, die auch einen grossen Theil des flachen Vorlandes des Gebirges überzog.

---

[1]) Aus der umfangreichen Literatur über die alpine Vereisung seien hier nur folgende Schriften genannt: Rütimeyer, Ueb. Pliocän u. Eisperiode auf beiden Seiten der Alpen, 1876. — Falsan et Chantre, Monogr. d. anc. glaciers etc. du bassin du Rhône, 1880. — A. Favre, Carte des anc. glaciers d. l. Suisse, und Carte des phénomènes erratiques, 1884. — Penck, Vergletscherung d. deutsch. Alpen, 1886. — du Pasquier, Matér. pour la carte géol. Suisse, 1892. — Penck, Brückner et du Pasquier, Le système glaciaire des Alpes, 1894. — Baltzer, Diluvial. Aar-Gletscher. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, 1896. — Ein neues Werk von Penck u. Brückner, „Die Alpen im Eiszeitalter“ ist im Erscheinen begriffen.

Dies war besonders im Norden der Fall, wo das Eis nicht nur den ganzen Raum zwischen Alpen und Jura ausfüllte, sondern auch an zwei Stellen, im Nordwesten von Lausanne und im Westen von Genf, mit grossen zungenförmigen Ausläufern das Juragebirge überschritt und bis in die Thäler des Doubs und der Saône vordrang (vergl. Fig. 109). Ja die äussersten Moränen dieses alten „Rhone-Gletschers“ erreichen in der Gegend von Lyon den Rand des französischen Centralplateaus! In ähnlicher Weise kann man die Ablagerungen des ehemaligen Rheingletschers bis nach Schaffhausen, Tuttlingen und Sigmaringen an der Donau, die des alten Lech- und Isargletschers bis in die Nachbarschaft von München, die des Inn- und Salzachgletschers bis in die Nähe des



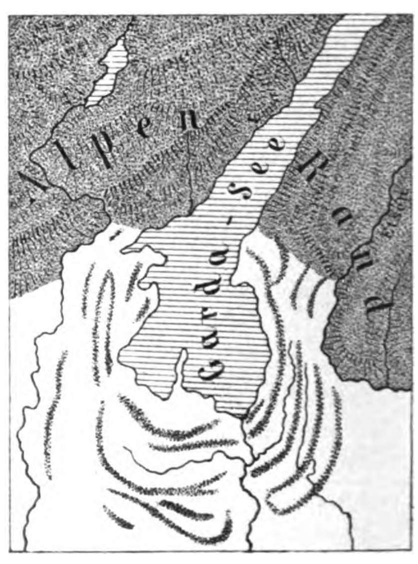


Fig. 110 u. 111. Kärtchen der Moränenamphitheater von Ivrea und des Gardasees.

Zusammenflusses der beiden letztgenannten Flüsse verfolgen. Weiter nach Osten zu nahm die Stärke der Vereisung allmählich ab, so dass die meisten Gletscher hier das Flachland nicht mehr erreichten.

Auch auf der Südseite des Gebirges reichten die Hauptgletscher noch in die lombardische Ebene hinein und liessen dort beim Abschmelzen als Zeugen ihrer früheren Anwesenheit theils ein welliges, an kleinen Erhebungen und zwischenliegenden Seen reiches Schuttgebiet, die sogen. „Moränenlandschaft“, theils grosse zusammenhängende Moränenzüge zurück. Unter diesen letzten sind am bemerkenswerthesten die sogen. „Moränen-Amphitheater“, concentrische die ehemaligen Gletscherenden umgürtende Endmoränenwälle von mitunter gewaltiger Grösse. Die beiden Kärtchen Fig. 110 und 111

geben eine gute Vorstellung von diesen Gebilden, die — wie beim Gardasee — oft wesentlich zur Seebildung beigetragen haben.

Besonders grossartig ist das Amphitheater von Ivrea, wo die östliche Seitenmoräne des alten Gletschers der Dora Baltea, die Serra, sich als ein über 600 m hoher schnurgerader Schuttwall rechtwinkelig zum Alpenrande 20 km weit in die lombardische Ebene hinein erstreckt. Die zugehörige ungefähr 30 km entfernte westliche Seitenmoräne ist weniger hoch und geschlossen. An ihrem Ende aber biegen beide Wälle um und vereinigen sich zu einer Endmoräne, welche die Bildung von Stauseen (Lago di Viverone u. a.) sowie eine auffällige Ablenkung der den Schuttwall in tiefem Einschnitt durchbrechenden Dora Baltea veranlasst hat (Fig. 110).

Andere Zeugen der grossen alpinen Vereisung bilden die namentlich in der Nordschweiz sehr häufigen Findlinge oder erratischen

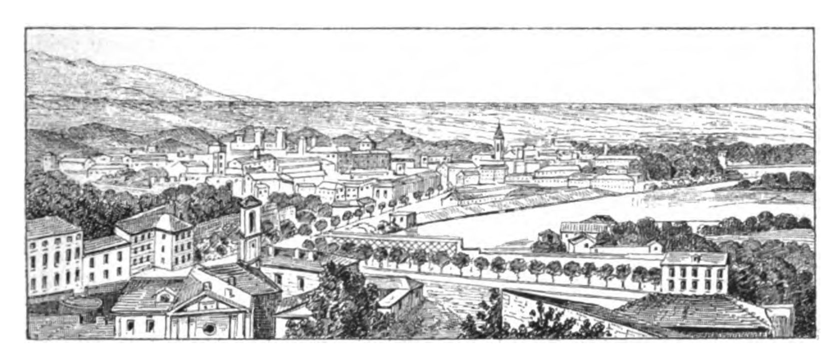


Fig. 112. Ansicht der Serra bei Ivrea, der östlichen Seitenmoräne des alten Gletschers der Dora Baltea. Nach Phot.

Blöcke. Sie sind oft, wie der als Pierre à Bot bekannte, ungefähr 15,000 Tonnen schwere, am Abhange des Jura in fast 100 m Höhe über dem Neuchâteler See liegende Granitblock, von gewaltiger Grösse und 100 km und noch weiter vom Eise fortgeschleppt worden, ehe sie aus ihrer Heimath in den inneren Alpen an ihre jetzige Stelle gelangten.

Noch andere Beweise für die Thätigkeit des diluvialen Binneneises liefern die weit ausserhalb des jetzigen Vergletscherungsgebietes, oft in bedeutender Höhe über dem Thalboden befindlichen Gletscherschrammen und -schliffe; ebenso die Rundhöcker und die zum Theil (wie im vielbesuchten „Gletschergarten“ bei Luzern) weit ausserhalb des Gebirges liegenden, durch herabstürzende Gletscherbäche im festen Felsuntergrunde ausgearbeiteten Strudellöcher oder Riesentöpfe.

Was die Zusammensetzung der alpinen Glacialablagerungen betrifft, so bestehen sie hauptsächlich aus ungeschichteten Block- und Ge-

schiebelehmen und aus geschichteten Schottern, Kiesen, Granden und Sanden.

Die Blocklehme enthalten in einer lehmigen oder mergeligen Grundmasse in regelloser Vertheilung eine Menge kleiner und grosser Geschiebe — oft eine wahre Musterkarte der allerverschiedensten alpinen Sediment- und Eruptivgesteine —, meist eckig oder nur schwach kantengerundet und vielfach geschliffen und mit Kritzen versehen. In allen genannten Merkmalen stimmen diese Blocklehme vollständig mit der Grundmoräne der heutigen Gletscher überein. Sie werden daher auch als am Grunde der diluvialen Eismassen entstandene Gebilde betrachtet.

Die Schotter und Sande dagegen sind als fluvioglaciale Bildungen aufzufassen. Besonders mächtig und verbreitet sind sie am Fuss der Alpen, zumal auf deren Nordseite. Sie lassen sich oft bis unmittelbar an die alten Endmoränen heran verfolgen, in die sie so allmählich übergehen, dass sie sich nur als durch die Abschmelzwässer der ehemaligen Gletscher aufgearbeitetes Moränenmaterial deuten lassen. Infolge späterer Cämentirung bilden sie oft Conglomerate, die man wohl als jüngere oder diluviale Nagelfluh bezeichnet.

Viel weniger häufig als die genannten Gesteine sind im alpinen Diluvium geschiebefreie Lehme oder lössartige Bildungen, Mergel und humöse moorartige Ablagerungen.

Auch im Alpengebiete hat es einen Wechsel von Glacial- und Interglacialzeiten gegeben. Nach der Zahl der weit verbreiteten Blocklehme und der sich aus ihnen entwickelnden geschichteten Schotterdecken nimmt man jetzt in der Regel drei Vereisungen und zwei Interglacialzeiten an [1]).

Der ersten ältesten Vereisung entspricht in der Schweiz und in Bayern der eine höchste Terrasse bildende Deckenschotter. Infolge seines hohen Alters ist er in der Regel stark erodirt und in eine Reihe zusammenhangsloser, durch tiefe Thäler getrennter Lappen aufgelöst. Der zweiten Vereisung entstammt die tiefer liegende, sich an die äusserste Endmoränenzone anlehnende, weniger zerstückte Hochterrasse; der letzten Eiszeit endlich die noch tiefere, sich an die inneren Moränenzüge (Amphitheater) anschliessende, noch mehr zusammenhängende Niederterrasse.

Die zwischen die Vereisungen fallenden Interglacialzeiten mussten infolge der ungeheuren beim jedesmaligen Rückzug der Gletscher entstehenden Wassermassen Zeiten starker Erosion sein. So sehen wir denn auch, dass während der ersten Interglacialzeit zahlreiche breite und

[1]) Einige Autoren nehmen eine grössere Zahl von Vereisungen an. So Mühlberg für die Gegend von Aarau fünf.



tiefe Rinnen im Deckenschotter ausgewaschen wurden. In diesen Rinnen wurde in der zweiten Eiszeit die Hochterrasse abgesetzt. Während des zweiten Interglacials wurde auch diese in ähnlicher Weise erodirt, und es entstanden die Furchen, in denen sich in der letzten Eiszeit der Niederterrassenschotter ablagerte (Fig. 113).

Interglaciale Ablagerungen kennt man in den Alpen bereits an einer grossen Zahl von Punkten. So von Utznach und Mörschwyl (Canton St. Gallen), Dürnten und Wetzikon (Canton Zürich), St. Jacob a. d. Birs bei Basel, Sonthofen im Algäu, Höttingen unweit Innsbruck, Pianico und Sellere am Iseosee u. s. w.

Am längsten sind die von Utznach und Dürnten bekannt, wo alte Torflager (sogen. Schieferkohle) eine reiche, von O. Heer bearbeitete Flora und Fauna einschliessen. Wir finden hier Fichte, Kiefer, Lärche,

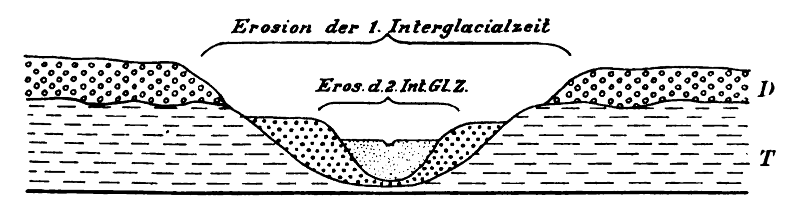


Fig. 113. Schematische Darstellung der drei fluvioglacialen Schotterterrassen und ihrer Erosion während der Interglacialzeiten.
T Tertiär und andere vordiluviale Schichten. *D* Deckenschotter.

Taxus, Birke, Ahorn, Eiche u. s. w., ferner *Elephas antiquus*, *Rhinoc.* cf. *Mercki*, *Ursus spelaeus*, *Bos primigenius*, *Cervus alces* und *elaphus* u. s. w. Heer hat danach die damalige Jahrestemperatur jener Gegend auf 6—9° C. (gegen 8,7° in der Jetztzeit) berechnet.

Besonders wichtig ist auch das Vorkommen von Höttingen. Die rothe Höttinger Breccie — ein cämentirter ehemaliger Schuttkegel — die sich nach Penck schon durch ihre Lagerung zwischen zwei Blocklehmen als interglacial erweist, schliesst nämlich eine reiche, nach den sorgfältigen Arbeiten v. Wettstein's [1]) über 40 Arten umfassende Flora ein. 70 Proc. der Pflanzen finden sich noch heute in derselben Gegend, während andere, wie besonders *Rhododendron ponticum*, *Buxus sempervirens* und *Arbutus*, auf südlichere Gegenden, namentlich auf das pontische Gebiet hinweisen.

Auch im Kalkmergel von Pianico-Sellere hat sich die genannte *Rhododendron*- und *Buxus*-Art wiedergefunden.

Man pflegt jetzt alle genannten Vorkommen der älteren Interglacialzeit zuzuweisen [2]).

---

[1]) Denkschr. d. Wien. Akad. Bd. 59, 1892.

[2]) Von Interesse ist das Vorkommen von *Pupa muscorum*, unserer bekannten

Sehr verschieden von der besprochenen war die eigentliche Glacialflora, wie sie von NATHORST bei Schwerzenbach unweit Zürich in einer Lettenlage dicht unter einer alten Grundmoräne entdeckt worden ist. Sie besteht aus lauter hochnordischen Formen, wie *Salix polaris, Betula nana, Polygonum viviparum, Dryas octopetala, Hypnum Wilsoni* u. s. w., woraus man auf ein dem von Spitzbergen ähnliches Klima während der Eiszeiten schliessen darf.

Dass die Dauer der Interglacialzeiten keine zu beschränkte gewesen sein kann, leuchtet ein wenn man erwägt, welche lange Zeit zum völligen Rückzug der Gletscher und der Besiedelung des eisfrei gewordenen Bodens mit einer ganz anderen Flora und Fauna erforderlich gewesen sein muss. Aber auch die Grösse der zwischen je zwei Vereisungen stattgehabten Erosion (vergl. Fig. 113) sowie die Stärke der Verwitterungsrinde, welche die Ablagerungen der verschiedenen Eiszeiten von einander trennt, weisen auf eine ansehnliche Länge der Interglacialzeiten hin. Diese Verwitterungsrinden sind besonders auf der Südseite der Alpen von beträchtlicher (mitunter 6 m erreichender) Mächtigkeit und hier durch ihre braunrothe Färbung, die ihnen den Namen „Ferretto“ eingetragen hat, besonders auffällig.

Nach allem Gesagten lässt sich das Eiszeitalter für das Alpengebiet in folgender Weise gliedern:

3. Vereisung. Letzte grosse Ausdehnung der Alpengletscher. Bildung der inneren Moränenzüge (Amphitheater) und der Niederterrasse.
   Jüngere Interglacialzeit. Entstehung des Löss und ähnlicher Lehme, besonders im Norden der Alpen.
2. Vereisung. Haupteiszeit. Bildung der äusseren Moränenzone und des Hochterrassenschotters.
   Aeltere Interglacialzeit. Schieferkohle von Utznach, Höttinger Breccie, Blättermergel des Iseosees u. s. w.
1. Vereisung. Aelteste Gletscherverbreitung. Entstehung des Deckenschotters.

Grosses nordeuropäisches Glacialgebiet [1]).

Von ungleich grösserem Umfange als die alpine war die gleichzeitige Vergletscherung im Norden Europas. Ausgehend vom skandi-

Lösschnecke, in der Höttinger Breccie. Auch sie spricht für ein diluviales Alter der von manchen Geologen als präglacial oder gar tertiär angesprochenen Ablagerung.

[1]) Aus der überaus reichen, das nordeuropäische und insbesondere das norddeutsche Glacialdiluvium behandelnden Literatur seien hier nur genannt: HELLAND, Ueb. d. glacialen Bildungen d. norddeutschen Ebene. Z. d. d. g. G. 1879, S. 63. — DAMES, D. Glacialbildungen d. nordd. Ebene. VIRCHOW-HOLTZENDORFF'sche Samml. wissensch. Vortr. Heft 479, 1886. — WAHNSCHAFFE, Ursachen d. Oberflächengestaltung d. nordd. Flachlandes. Stuttgart 1891, 2. Aufl., 1901. — BERENDT, KEILHACK, SCHRÖDER



navischen Hochgebirge, das damals noch erheblich höher gewesen sein muss als heute, entwickelten sich mit Beginn der Diluvialzeit ungeheure Eismassen, die sich radial nach allen Seiten verbreitend, den grössten Theil von Nordeuropa mit einer ähnlichen Inlandeisdecke überzogen, wie wir sie heute in Grönland und im antarktischen Gebiet antreffen. Das in der Zeit der grössten Eisverbreitung vereiste Gebiet kann auf etwa $6\frac{1}{2}$ Mill. Quadratkilometer veranschlagt werden[1]; denn die Eismassen erstreckten sich einerseits bis ins Petschoraland und (im Norden des 63. Grads n. Br.) über den Ural nach Asien hinein, andererseits bis nach Südengland, während sie im zwischenliegenden Gebiete bis weit über Moskau, Kiew, Warschau und Berlin hinausreichten (vergl. Fig. 114). In Deutschland verläuft die Südgrenze der diluvialen Vereisung vom Nordabhang der Karpathen in die Gegend von Troppau, dann am Ostrande des Altvater-, Eulen- und Riesengebirges entlang nach Zittau, Dresden, Zwickau, Gera, Saalfeld, Jena, Weimar, Gotha, Mühlhausen, Nordhausen; von da über den Ostharz hinweg nach Blankenburg—Goslar und weiter über Hildesheim, Northeim, Holzminden, Warburg, Brilon, und dann am Nordrand des rheinischen Schiefergebirges entlang nach Dortmund und Duisburg und weiter nach Nymwegen und Gronau in Holland.

Das ganze gewaltige bezeichnete Gebiet wurde mit gröberem und feinerem, in der Hauptsache aus Norwegen, Schweden, Lappland und Finnland stammendem Gesteinsschutt bedeckt. Die Mächtigkeit dieser früher als erratische Bildungen oder (mit einem englischen Ausdruck) als Drift bezeichneten Ablagerungen ist sehr wechselnd, nimmt aber im Allgemeinen mit der Entfernung von Skandinavien ab. So haben Bohrungen bei Hamburg über 190 (bei Strassburg in der Uckermark sogar 204) m Glacialdiluvium ergeben, während dieses bei Utrecht 160, bei Berlin bis 125 (bei Rüdersdorf an einer Stelle 178), bei Leipzig aber nur noch 16 m stark ist. Die Grösse einzelner erratischer Blöcke giebt der der Schweizer Findlinge nichts nach. Der „grosse Stein“ bei Belgard in Pommern misst über 800 cbm, und der Granitfindling, der den Sockel des Denkmals Peters des Grossen in Petersburg bildet, hat ein Gewicht von etwa 1500 Tonnen! Einzelne Blöcke finnländischer Gesteine sind bis nach Moskau, d. h. 600 km weit fortgeschleppt worden.

Die Mächtigkeit der Eisdecke muss nach Beobachtungen skandinavischer Geologen in den mittleren Theilen Norwegens und Schwedens stellenweise 1800 m betragen haben. Dass das Eis selbst an seinem

---

u. Wahnschaffe, Neuere Forschungen auf d. Gebiete d. Glacialgeologie in Norddeutschland. Jahrb. d. pr. geol. Landesanst. f. 1897, S. 42; 1899.

[1]) Zum Vergleich sei mitgetheilt, dass die Grösse des grönländischen Binneneises auf $1\frac{1}{2}$, die des südpolaren auf 11,5 Mill. Quadratkilometer geschätzt wird.

Rande noch eine erhebliche Dicke besass, geht aus der ansehnlichen Höhe hervor, bis zu welcher man skandinavische Findlinge am Abhange unserer Mittelgebirge beobachtet. Sie steigen am Nordrande des Harzes bis über 400 m (d. h. reichlich 130 m über das Niveau des angrenzen-

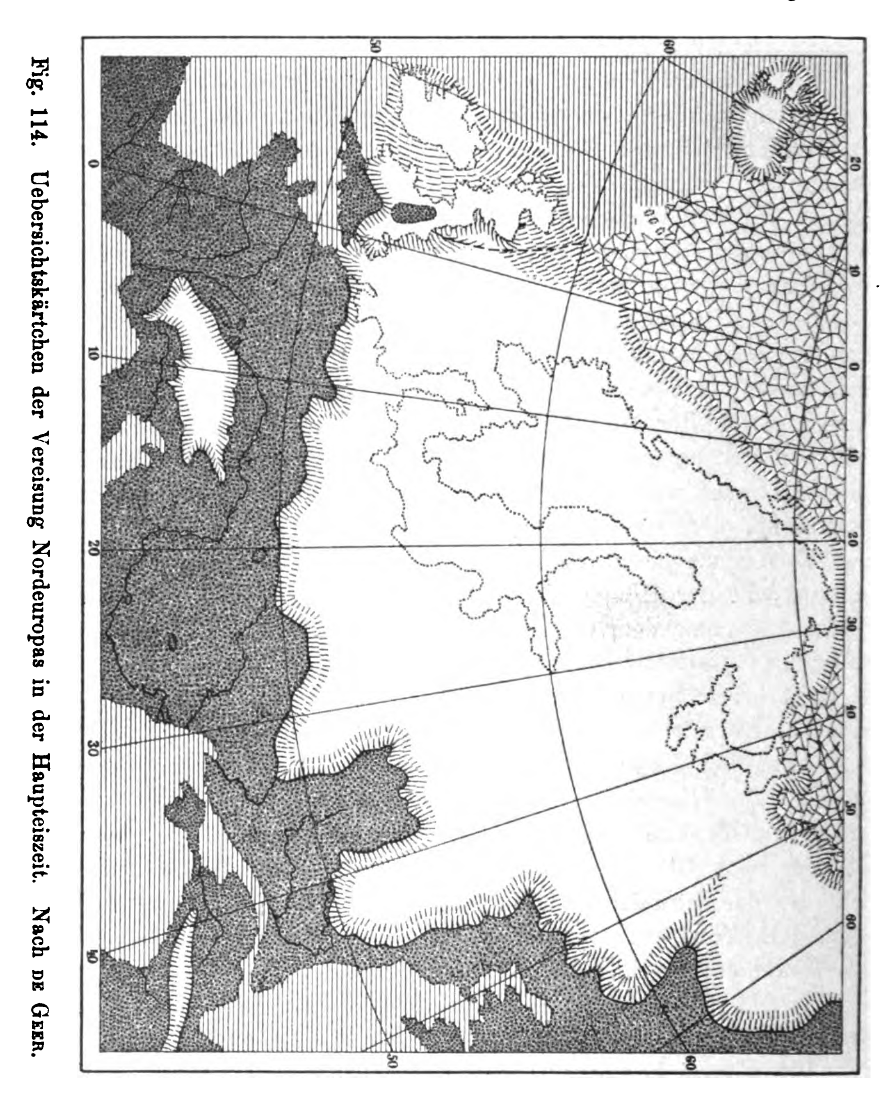


Fig. 114. Uebersichtskärtchen der Vereisung Nordeuropas in der Haupteiszeit. Nach de Geer.

den Vorlandes), am Nordrande des Riesengebirges sogar bis 550 m Seehöhe auf.

Dass die flachen Becken der Nord- und Ostsee dem Vordringen einer so riesigen Eisdecke kein Hemmniss bereiten konnten, liegt auf der Hand. Das Eis füllte sie aus und schritt über sie hinweg. Uebrigens scheint es noch nicht ganz sicher, ob die Ostsee zu Anfang der Quartär-

zeit bereits vorhanden war. Hätte sie nämlich schon in der jüngeren Tertiärzeit bestanden, so wäre das völlige Fehlen mariner Pliocänversteinerungen im norddeutschen Glacialdiluvium schwer zu verstehen.

Die petrographische Beschaffenheit der nordeuropäischen Glacialbildungen ist derjenigen der alpinen sehr ähnlich. Auch hier spielen ungeschichtete Lehme und Mergel und geschichtete Schotter und Sande die Hauptrolle.

Die Geschiebe- oder Blocklehme (schwedisch Krosstenslera) stellen im frischen Zustande blaugraue, bei eintretender Verwitterung aber sich gelblich und bräunlich färbende, infolge eines starken Gehaltes an zermahlenen Kreidegesteinen stets kalkhaltige und daher richtiger als

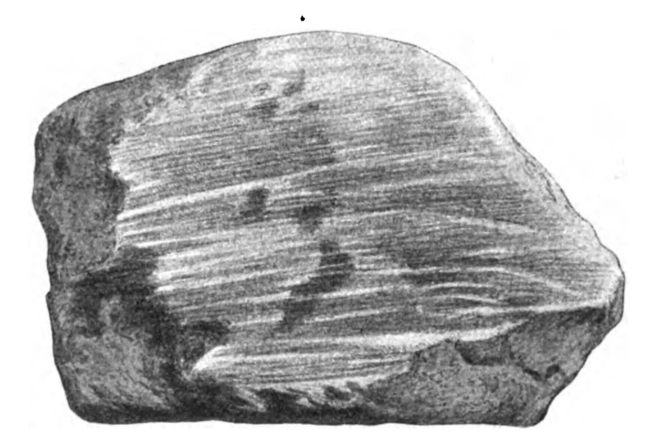


Fig. 115. Polirtes und gekritztes Geschiebe („Scheuerstein") von Obersilurkalk. Insel Rügen.

Geschiebemergel zu bezeichnende Lehme dar. Sie sind immer mehr oder weniger reich an schwach kantengerundeten, zum Theil deutlich geschliffenen und gekritzten Geschieben (Fig. 115) von allen möglichen Sediment- und Eruptivgesteinen skandinavischen, finnländischen oder baltischen Ursprungs, wie Gneiss, Glimmerschiefer, Granit, Quarzporphyr, Diabas, paläozoische Sandsteine und Kalksteine, Feuersteine der Kreide u. s. w. Von manchen Gesteinen wie vom Rhombenporphyr und Zirkonsyenit der Gegend von Kristiania, dem finnischen Rapakiwigranit u. a. ist ihre Heimath genau bekannt.

In Norddeutschland wie in Skandinavien unterscheidet man schon lange einen oberen meist gelb gefärbten und einen unteren gewöhnlich bläulichen Geschiebemergel. Beide sind durch eine mächtige Zwischenzone von geschichteten Sanden getrennt. In den letzten Jahren aber hat man ausser den beiden genannten Blockmergeln noch einen dritten,

von einer ältesten Vereisung herrührenden Geschiebelehm kennen gelernt. Er ist durch Bohrungen zuerst bei Hamburg, dann auch bei Rüdersdorf nachgewiesen worden und ist ausserdem im südlichen Schweden (Schonen) entwickelt.

Die Natur der Geschiebeführung scheint nach neueren Beobachtungen bei allen Geschiebelehmen wesentlich übereinstimmend zu sein.

Die Sande, Grande und Schotter sind von sehr wechselnder Beschaffenheit, aber stets durch ihren Reichthum an rothem, von der Zerstörung orthoklashaltiger Massengesteine (Granite, Porphyre, Gneisse) herrührendem Feldspath ausgezeichnet, der ihnen den Namen „Spathsande" eingetragen hat. Im Gegensatz zu den Geschiebemergeln, die als grundmoränenartige Bildungen des Landeises zu betrachten sind, stellen die Sande fluvio-glaciale, im Wesentlichen durch Ausschlämmung und Aufbereitung der Grundmoräne entstandene Ablagerungen dar.

Ausser den beiden erwähnten wichtigsten Gesteinsarten nehmen wie in den Alpen so auch in Nordeuropa an der Zusammensetzung des Glacialdiluviums noch Theil verschiedene geschichtete Süsswasserthone, wie sie z. B. schon lange von Glindow bei Potsdam bekannt sind, ferner Kalktuffe und Mergelkalke, Torf und Blätterkohlen, Diatomeenlager sowie endlich sandige und thonige Schichten mit mariner Fauna (Sande mit *Cardium edule* etc., Cyprinen- und Yoldien-Thone Westpreussens u. s. w.). Alle diese Ablagerungen gehören wesentlich den Interglacialzeiten an.

Wie schon früher bemerkt, nimmt man jetzt in Norddeutschland und Skandinavien gewöhnlich drei Vereisungs- und zwei Interglacialperioden an[1]). Am stärksten und am weitesten verbreitet ist die zweite oder Haupteiszeit gewesen (vergl. Fig. 114), während die erste und letzte Vereisung (Fig. 116) an Ausdehnung erheblich hinter der zweiten zurückblieben. Sie hat — wie aus der Verbreitung des oberen Geschiebemergels hervorgeht — weder England noch das innere Russland erreicht und sich in Deutschland nicht auf das Gebiet im Westen der Elbe ausgedehnt. Auch im Königreich Sachsen kennt man keinen oberen Geschiebemergel.

Wie im Alpengebiete so sind auch im Gebiete des skandinavischen Binneneises die während der Vereisungen selbst entstandenen Ablagerungen, also die Geschiebelehme und etwaigen fluvioglacialen Bildungen im Allgemeinen von organischen Resten frei. Indess ist es NATHORST[2])

[1]) Unter den wenigen Forschern, die eine einheitliche, also nur eine einzige Eiszeit annehmen, ist O. HOLST zu nennen (vergl. Sver. Geolog. Undersökn. 151. Stockholm 1895).

[2]) Oefvers. kgl. Vetensk. Akad. Förhandl. 1894, S. 519. Vergl. auch NATHORST, Bihang till kgl. Svenska Vet. Akad. Handl. XVII, III, Nr. 5, 1892.

gelungen bei Deuben unweit Tharandt in einem feinsandigen Thon und zugehörigen Torflager, das wohl der Haupteiszeit angehört, Reste einer Glacial-Flora (*Salix herbacea* u. a., *Polygonum viviparum*, *Saxifraga oppositifolia* und *hirculus*, *Eriophorum*, zahlreiche *Hypnum*-

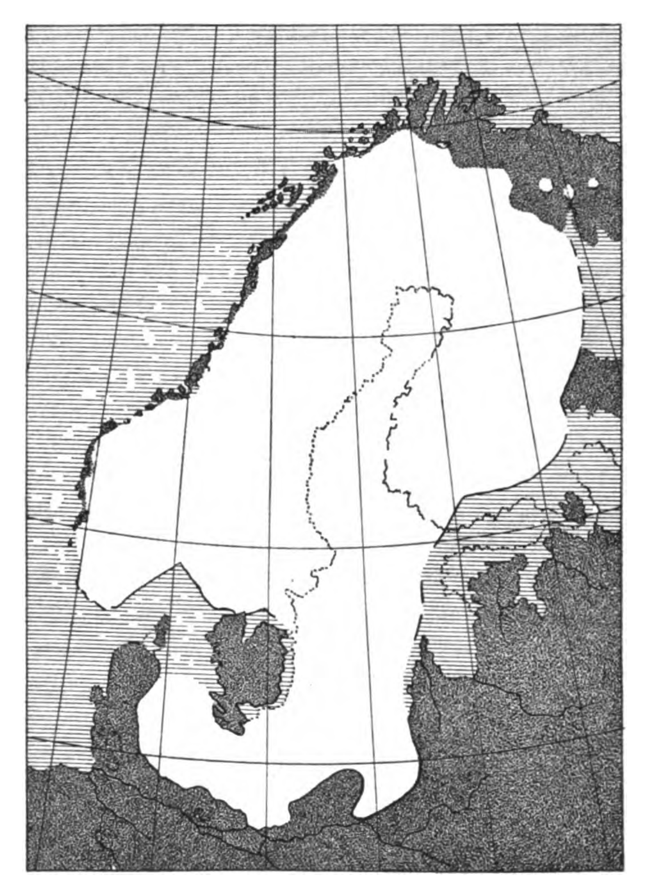


Fig. 116. Uebersichtskärtchen der Vereisung Nordeuropas in der letzten Eiszeit Nach DE GEER.

Arten u. s. w.) zusammen mit einer nordischen Käferfauna nachzuweisen.

Dagegen sind in den Ablagerungen der beiden Interglacialzeiten sowohl thierische als auch pflanzliche Reste verhältnissmässig verbreitet und häufig.

Zu den am längsten bekannten Vorkommen dieser Art gehören die zwischen unterem und oberem Geschiebemergel liegenden, also sicher der jüngeren Interglacialzeit angehörenden Sande von Rixdorf bei Berlin. Am häufigsten finden sich hier Zähne und Skeletreste von

Elephas primigenius, *Rhinoc. antiquitatis* und *Rangifer groenlandicus*; daneben kommen vor *Cervus euryceros*, *alces* und *elaphus*, *Bos primigenius*, *Bison priscus*, *Ovibos fossilis*, *Equus caballus*, *Ursus*, *Felis leo* u. s. w.

Auch von anderen Stellen der Berliner Gegend, vom Fort Neudamm unweit Königsberg, vom Sintelberge bei Hameln u. s. w. sind ähnliche interglaciale Säugethierfaunen bekannt. Bemerkenswerth ist das Vorkommen von menschlichen Artefacten im Interglacial von Eberswalde und anderen Punkten Norddeutschlands.

Von interglacialen Torflagern ist besonders das von K. Keilhack beschriebene von Lauenburg a. E. zu erwähnen, wo sich neben Ahorn, Erle, Linde, Weide, Pappel, Kiefer, Fichte u. s. w. Samen der auch in den Interglacialschichten von Dürnten in der Schweiz vorkommenden, jetzt in Europa ausgestorbenen *Brasenia purpurea* gefunden haben.

Während man dieses und einige andere norddeutsche Torflager (Bornholt bei Grünenthal am Nordostseekanal, Fahrenkrug bei Segeberg in Holstein, Purmallen bei Memel u. s. w.) dem jüngeren Interglacial zuweist, gehört das von Klinge bei Kottbus nach Nehring[1]), Keilhack, A. Weber[2]) u. A. der älteren Interglacialzeit an. Auch hier finden sich Weide, Linde, Pappel, Ahorn, Eiche, Birke, Fichte, verschiedene Farne und Sumpf- und Wasserpflanzen, die noch jetzt in jener Gegend leben; ausserdem aber auch Formen, die auf ein milderes Klima als das heutige hinweisen, wie *Ilex aquifolium* und *Taxus baccata*. Bemerkenswerth ist ferner das Vorkommen der oben von Lauenburg und Dürnten erwähnten *Brasenia*, sowie der auch im Forestbed von Cromer in England auftretenden (früher als *Folliculites* bezeichneten) Früchte von *Stratiotes aloides*. Von Wirbelthieren kommen hier *Rhinoceros Mercki*, *Megaceros Ruffi* Nehr., *Rangifer tarandus*, *Elephas*. *Castor*, *Emys* u. a. vor.

Auch dem Torflager von Honerdingen in der Lüneburger Haide mit noch viel reicherer Flora weist Weber[2]) ein gleiches Alter wie dem von Klinge zu.

Von grossem Interesse sind weiter die in verschiedenen Horizonten der eiszeitlichen Schichtenfolge Norddeutschlands vorkommenden Lager mit marinen oder Süsswasserconchylien.

Unter den Süsswasserbildungen ist am längsten bekannt die in der Mark sehr verbreitete, wie man jetzt weiss, dem ältesten Interglacial angehörige Bank mit *Paludina diluviana* Kunth, einer noch jetzt

---

[1]) Potonié's Naturw. Wochenschr. 1892. — N. Jahrb. f. Min. 1895, I, 183.

[2]) Weber, Versuch eines Ueberblicks üb. d. Vegetation d. Diluvialzeit. Naturw. Wochenschr. 1900.



in der Dobrudscha lebenden Art. Im Untergrunde von Berlin enthalten die bis 4 m mächtig werdenden sandig-thonigen das fragliche Fossil führenden Schichten noch *Bithynia tentaculata*, *Neritina fluviatilis*, *Lithoglyphus naticoides*, *Pisidium amnicum* etc.

Schichten mit marinen Conchylien kommen in grösserer Verbreitung nur in West- und Ostpreussen (zwischen Danzig, Bromberg und Allenstein), ferner in der Umgebung von Hamburg und Stade sowie in Holstein, Schleswig, Dänemark, auf der Insel Mön und bei Sassnitz auf Rügen vor [1]).

Hierher gehört einmal der Yoldien- und der Cyprinenthon der Gegend von Elbing u. s. w. Der erste erhält durch *Yoldia (Leda) arctica*, *Astarte borealis* etc. sowie durch Narwal- und Schellfischreste einen völlig arktischen Anstrich, während der Cyprinenthon mit *Cypr. islandica* ein wesentlich wärmeres Gepräge hat. Jentzsch stellt beide Thone ins ältere Interglacial. Auch die marinen Ablagerungen Schleswig-Holsteins, von Hamburg u. s. w. mit *Cardium*, *Mactra*, *Mytilus*, Balanen etc. würden nach Gottsche ein gleiches Alter haben.

Dagegen gehören die marinen Schichten des westpreussischen Diluviums mit typischer Nordseefauna (*Cardium edule*, *Nassa reticulata*, *Litorina litorea*, *Mytilus edulis*, *Tellina solidula*, *Cerithium lima* etc.) dem jüngeren Interglacial an. Eben diesem werden auch die bekannten diluvialen Austernbänke von Tarbeck und Blankenese (bei Hamburg), die Cyprinenthone von Alsen und Ditmarschen u. a. m. zugewiesen.

Auch in der südlichen Randzone des norddeutschen Glacialgebietes fehlt es nicht an Interglacialgebilden. Am verbreitetsten sind sie in Thüringen, besonders im Flussgebiete der Saale, Unstrut, Ilm u. s. w. Sie treten hier theils als hochliegende Flussschotter, theils als Kalktuffe oder als thonig-mergelige und moorige Ablagerungen auf.

Unter den Schottern ist am wichtigsten der von Süssenborn unweit Weimar, der 30—60 m über der Ilm liegend, ausser zahlreichen Landschnecken namentlich *Eleph. meridionalis* und *trogontherii* und *Rhin. etruscus*, daneben *El. antiquus* und *primigenius*, zahlreiche Hirsche u. a. führt. Die ganze Fauna erinnert sehr an die von Mosbach bei Wiesbaden [3]). Auch der alte Saalekies von Uichteritz bei Weissenfels mit *El. trogontherii*, der Unstrutkies von Zeuchfeld bei Freiburg mit *Melanopsis acicularis* sowie die von Helmekies überlagerten Muschel-

[1]) Jentzsch, Beitr. z. Ausbau d. Glacialhypothese etc. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1884, Karte Taf. 27.

[2]) Jentzsch, Lager. d. diluv. Nordseefauna. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanstalt 1882, 546.

[3]) E. Wüst, Unters. üb. d. Pliocän u. d. älteste Pleistocän Thüringens. Abh. d. naturf. Ges. Halle, Bd. 23, 1901.

thone von Edersleben bei Artern mit *Corbicula fluminalis*, *Mel. acicul.*, *Lithoglyphys* cf. *naticoides* (auch in der Berliner Paludinenbank) gehören hierher. Da alle diese Schotter kein nordisches Gesteinsmaterial enthalten, müssen sie vor der Haupteiszeit — der ältesten Vereisung jener Gegend — entstanden sein.

Unter den diluvialen Travertin- oder Kalktufflagern des Thüringer Beckens (Tonna, Mühlhausen, Tennstedt, Greussen u. a.) ist besonders das von Taubach bei Weimar durch seine zahlreichen Wirbelthierreste und reiche Conchylienfauna und Flora wichtig. *Eleph. antiquus* und *Rhinoc. Mercki* herrschen auch hier. Daneben finden sich *Rh. antiquitatis*, der Riesenhirsch u. a. Die Conchylienfauna besteht aus über 150 Arten und Varietäten, unter denen 81 Proc. noch jetzt in Deutschland leben, 14,7 Proc. ausgewandert und 3,4 ausgestorben sind. Von Pflanzen seien nur *Juglans* sp., *Ilex aquifolium*, *Acer campestre*, *Quercus sessiliflora* und *Salix cinerea* genannt. Man betrachtet diese Travertine ebenso wie den Schotter von Süssenborn als alt-interglacial.

In nachstehender Tabelle ist der schwierige Versuch gemacht, im Anschlusse an die neueren Arbeiten der norddeutschen Geologen, insbesondere die von Wahnschaffe, die dem Eiszeitalter entstammenden Bildungen des norddeutschen Flachlandes zu gliedern:

Dritte oder letzte Glacialzeit	*Dryas*- oder *Yoldia*-Zeit. Süsswasserkalke und Thone am Grunde norddeutscher Torfmoore. Abschmelzperiode. Grosse Endmoränenzüge und Thalsande. Sogen. Durchragungszüge, Åsar, Kames. Binneneisbedeckung. Oberer oder jüngerer Geschiebemergel und vor dem heranrückenden Eise entstandene fluvio-glaciale Ablagerungen.
Jüngere Interglacialzeit	Sande und Grande mit Säugerfauna von Rixdorf, Tempelhof etc. — Interglaciale Torflager von Lauenburg a. E., Fahrenkrug, Bornholt, Memel etc. — Kalktuffe und Mergel mit Süsswasserconchylien von Potsdam, Magdeburg etc. — Marine Schichten Ost- und Westpreussens mit Nordseefauna; Austernbänke von Tarbeck etc., Cyprinenthone von Alsen etc.
Zweite Glacialzeit	Unterer Geschiebemergel und gleichaltrige grandige, sandige und thonige fluvioglaciale Sedimente.
Aeltere Interglacialzeit	Paludinenführende Sande und Thone der Berliner Gegend. — Interglaciale Torfe und Süsswasserkalke von Homerdingen, Klinge, Belzig etc. — Kalktuff von Taubach bei Weimar. — Yoldien- und Cyprinenthone von Elbing und gleichaltrige marine Ablagerungen von Schleswig-Holstein, Hamburg etc. — Flussschotter von Süssenborn bei Weimar etc. — Diatomeenschichten von Rathenow.

Erste Glacialzeit	Aelteste Grundmoränen (Geschiebemergel) bei Hamburg, Rüdersdorf etc. und zugehörige fluvioglaciale Sedimente.
Prä-glacialzeit	Hierhergehörige Ablagerungen noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen.

Zu dieser Tabelle ist noch zu bemerken, dass die an der allerobersten Grenze des Eiszeitalters stehende Dryas- oder Yoldia [1])-Zeit eine Phase darstellt, in der das Klima noch stark vom abschmelzenden Binneneis beeinflusst und daher sehr kalt war. Das Ostseebecken stand damals wahrscheinlich mit dem Eismeere in Verbindung (vergl. Fig. 121) und enthielt eine arktische, in erster Linie durch *Yoldia arctica* gekennzeichnete Fauna. Die aus dieser Zeit stammenden thonigen Ablagerungen sind namentlich im russisch-baltischen Gebiete und Westskandinavien entwickelt und liegen hier über den jüngsten Moränen.

Demselben Zeitabschnitte gehört wahrscheinlich auch an die von Tschernyschew entdeckte, das ganze Gebiet zwischen Dwina und Ural bis zum 62.° n. Br. umfassende Transgression des Eismeeres, die bei einem um 150 m höheren Meeresstande über den jüngsten Moränen Sande mit nordischen Mollusken abgelagert hat.

In Norddeutschland sind aus derselben Zeit an vielen Stellen (Kurische Nehrung, Schroop in Westpreussen, Krampkewitzer See in Pommern, Oertzenhof in Mecklenburg, Nordostseekanal) am Grunde von Torfmooren pflanzenführende Kalke und Thone erhalten geblieben, die nach den Untersuchungen von Nathorst *Dryas octopetala, Betula nana, Salix polaris* (84, 1—3) und *reticulata* und andere hochnordische Arten enthalten [2]).

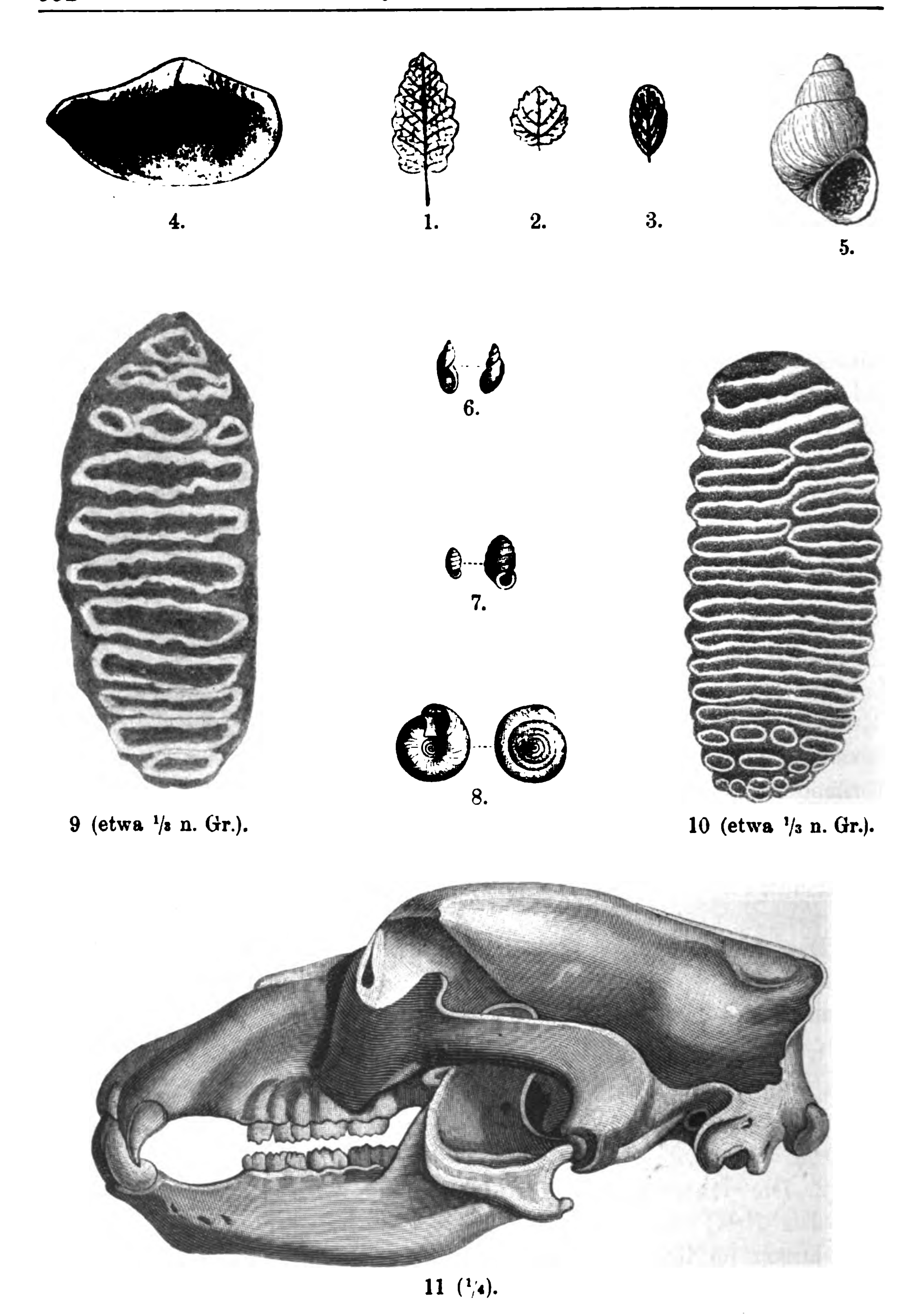
Dass das norddeutsche Glacialdiluvium, insbesondere der Geschiebemergel in der That als Ablagerung einer von Skandinavien ausgegangenen Binneneisdecke anzusehen sei, beweisen folgende Thatsachen:

1. Die Eigenthümlichkeiten des Geschiebemergels selbst, der in seiner Schichtungslosigkeit, der völlig regellosen Vertheilung der Geschiebe und deren Beschaffenheit — schwache Kantenrundung, Politur, Kritzung — alle Merkmale einer Grundmoräne an sich trägt.

2. Die Rundhöcker, Schliffe und Schrammen auf anstehendem Fels, wie sie an den Quarzporphyrbergen von Taucha und Lommatzsch im Königreich Sachsen und Halle a. S., an den Carbon-Conglomeraten des Piesberges bei Osnabrück, am Keupersandstein von

[1]) H. Munthe, Stud. üb. ältere Quartärabl. im südbalt. Gebiete. Bull. Geol. Inst. Upsala, 3, 1895, S. 27, 1897.

[2]) Nathorst, a. o. a. O. 1892.



Taf. 84. Diluviale Versteinerungen. 1. Blatt von *Dryas octopetala* Lin. 2. Desgl. von *Betula nana* Lin. 3. Von *Salix polaris* Wg. 4. *Yoldia arctica* Gray. 5. *Paludina diluviana* Kunth. 6. *Succinea oblonga* Drap. 7. *Pupa muscorum* Lin. 8. *Helix hispida* L. 9. Backzahn von *Elephas antiquus* Falc. 10. Desgl. von *El. primigenius* Blumenb. 11. Schädel des Höhlenbären, *Ursus spelaeus* Rosenm.

Velpke unweit Magdeburg, namentlich aber am Muschelkalk von Rüdersdorf bei Berlin beobachtet worden sind.

3. Die grossen, das norddeutsche Flachland durchziehenden **Endmoränen**. Die längste und zusammenhängendste, die des baltischen Höhenrückens, hat sich von der dänischen Grenze durch Schleswig-Holstein, Mecklenburg, Pommern, West- und Ostpreussen bis nach Russland hinein verfolgen lassen und hat auf deutschem Boden eine Länge von über 1200 km. Unser Kärtchen Fig. 120 veranschaulicht die Verbreitung dieser am Rande des zurückweichenden Binneneises der letzten Glacialepoche während zeitweiser längerer Stillstände des Eises entstandener Blockwälle. Durchschnittlich 100—400 m breit, verlaufen diese Schuttwälle nicht geradlinig, sondern bestehen aus flachen Bogen-

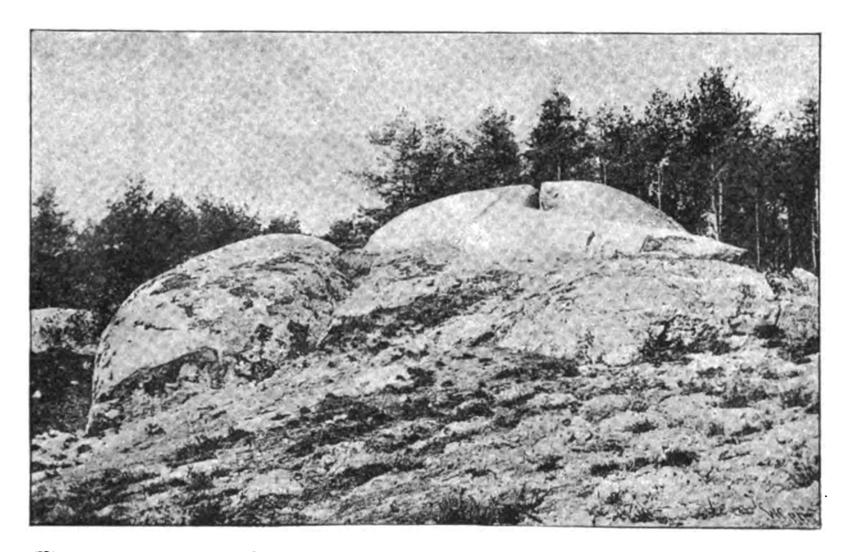


Fig. 117. Granitrundhöcker bei Kamenz in Sachsen. Nach WAHNSCHAFFE.

stücken, deren zuweilen zwei oder mehrere in geringem Abstande hinter einander liegen[1]). Das hügelige hinter der Moräne liegende aus Geschiebemergel zusammengesetzte Gebiet zeigt alle Merkmale der „Moränenlandschaft“, namentlich einen grossen Reichthum an kleinen Seen, während ihr Vorland aus weiten ebenen steinarmen Sandflächen — Absätzen der dem Eisrande entströmten Schmelzwässer — besteht. Diese öden Sandhaiden — die sogen. Sandr, begleiten den Aussenrand der Moräne durch ganz Norddeutschland als ein Gürtel von verschiedener Breite.

4. Die **sogen. Riesentöpfe**, wie sie in grosser Zahl auf dem Muschelkalke von Rüdersdorf, im Gyps von Wapno bei Exin, im diluvialen

[1]) Vergl. bes. die schöne geol.-morphologische Uebersichtskarte der Provinz Pommern von K. KEILHACK. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanst. f. 1898, 1901.

Fayencemergel von Uelzen und anderwärts nachgewiesen sind. Entsprechend den ähnlichen „Strudellöchern“ auf dem Felsuntergrunde heutiger Gletscher werden sie als Erzeugniss von auf der Oberfläche des Landeises entstandenen, in Spalten hinabstürzenden Schmelzwässern betrachtet. Auch die kesselförmigen, als Pfuhle oder Sölle bekannten Vertiefungen im Gebiete des norddeutschen Geschiebemergels werden von Berendt und E. Geinitz in ähnlicher Weise als durch fallendes Wasser gebildete Ausstrudelungen gedeutet.

5. Die Verbreitung der verschiedenen Gesteinsarten im Geschiebemergel, die auf einen divergent-radialen Transport vom skandi-

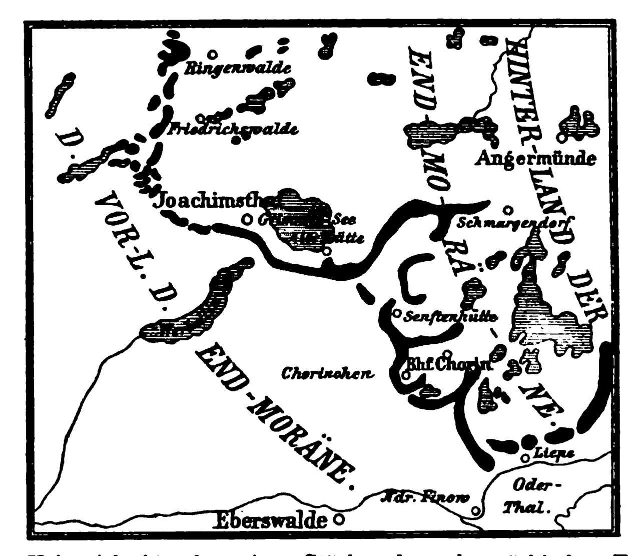


Fig. 118. Uebersichtskärtchen eines Stückes der uckermärkischen Endmoräne.

navisch-finnischen Centrum aus hinweist. Diese Verbreitungsweise bedingt z. B., dass man in England hauptsächlich Gesteine wie den Rhombenporphyr und Zirkonsyenit der Gegend von Kristiania antrifft, bei Kiew ganz überwiegend finnischen Rapakiwigranit, in dem in der Mitte gelegenen norddeutschen Diluvialgebiet aber Geschiebe, deren Heimath im mittleren und südlichen Schweden sowie auf den Inseln Oeland und Gotland liegt[1]. Auch wo das Landeis über anstehende ältere Gesteinsmassen (wie den Kalk von Rüdersdorf, den Porphyr von Halle und die ausgedehnteren Kreidevorkommen der Ostseeküste) fortgegangen ist, sind die vom Eise abgerissenen Trümmer dieser Gesteine immer in der Richtung der Eisbewegung, d. h. wesentlich von Nord

[1] Von der ausgedehnten, den Sedimentärgeschieben des norddeutschen Diluviums gewidmeten Literatur sei hier nur genannt: F. Römer, Lethaea erratica. Paläontol. Abh. 1885.

nach Süd fortgetragen worden — eine Thatsache, welche ebenso wie die Schrammen auf anstehendem Fels, die Riesentöpfe u. s. w. vom Standpunkte der Drifttheorie aus nicht wohl zu erklären ist.

6. Auch die vielfachen Stauchungen, Zusammenschiebungen und kleinen Faltungen, die sich oft in den Schichten beobachten lassen, welche die unmittelbare Unterlage der diluvialen Grundmoränen bilden, werden von den norddeutschen Geologen meist auf den gewaltigen Druck zurückgeführt, den das sich vorschiebende Binneneis auf seinen Untergrund ausübte. In manchen Fällen mag diese Erklärung zutreffend sein; so besonders, wo die Bruchstücke der gestauchten und zertrümmerten Schichten des Untergrundes sich in grosser Menge der Grundmoräne beigemischt haben und eine sogen. „Localmoräne“ oder „Localfacies des Geschiebemergels“ bilden (wie die durch massenhafte Geschiebe von Muschelkalk ausgezeichnete Localmoräne von Rüdersdorf oder die durch Gypsstücke des Holsteiner Segeberges). In anderen Fällen aber könnten

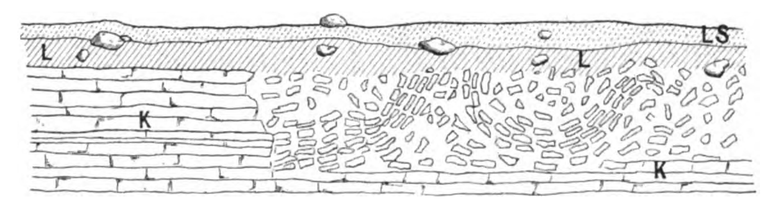


Fig. 119. Stauchungen des Muschelkalks *(K)* an der Basis des oberen Geschiebemergels *(LS)* bei Rüdersdorf. *L* „Localmoräne“. Nach Wahnschaffe.

sich solche Faltungen und Stauungen thoniger und sandiger Schichten im Grunde des Geschiebemergels auf innere Verschiebungen zurückführen lassen, wie sie bei lockeren Gesteinen unter dem Einfluss der Schwere leicht eintreten können, oder auch auf die noch ununterbrochen fortwirkenden gebirgsbildenden Kräfte.

Im Anschluss an die Moränen seien hier noch einige verwandte Gebilde besprochen.

1. Drumlins. Es sind elliptische, senkrecht zur ehemaligen Eisbewegung (und Geländeneigung) liegende, gewöhnlich in grösserer Anzahl auftretende Hügel. Sie stellen örtliche Anhäufungen von Grundmoräne, also subglaciale Bildungen dar, die der amerikanische Geograph Davis treffend mit Sandbänken von Flüssen verglichen hat. Zuerst aus Skandinavien beschrieben, sind sie auch in Norddeutschland (Posen, Pommern), Finnland, im nördlichen Alpenvorland und Nordamerika verbreitet.

2. Åsar. Es sind ebenfalls in der Richtung der Eisbewegung liegende weit fortsetzende wallförmige Erhebungen. Sie bestehen indess

aus Sand, Grand und Geröllen und sind wesentlich fluviatiler Entstehung, wenn auch vielfach durch Pressung beeinflusst und verändert (steile, unregelmässige innere Schichtung). Zuerst in Schweden unterschieden und benannt, sind sie auch in Norddeutschland, Dänemark, Russland und England keine seltene Erscheinung.

3. Als Kames endlich bezeichnet man quer zur Richtung der Eisbewegung geordnete, aus geschichteten Sanden und groben Granden bestehende, durch wannenförmige Senken getrennte kurze Rücken oder Hügel. Sie sind sowohl in Norddeutschland wie auch in Schottland und Nordamerika bekannt und unterscheiden sich von den Grundmoränenzügen durch sanftere Formen und den Mangel an Seen.

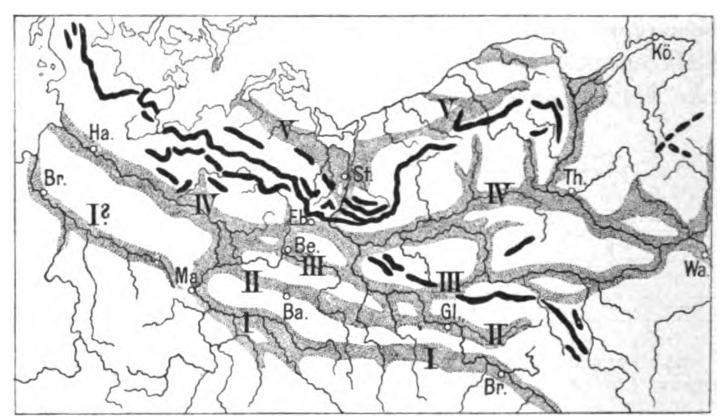


Fig. 120. Uebersichtskärtchen der Urstromthäler und grossen Endmoränenzüge Norddeutschlands. Nach Keilhack und Wahnschaffe.
Ba. Baruth, *Be.* Berlin, *Br.* Bremen und Breslau, *Eb.* Eberswalde, *Gl.* Glogau, *Ha.* Hamburg, *Kö.* Königsberg, *Ma.* Magdeburg, *St.* Stettin, *Th.* Thorn, *Wa.* Warschau.

Einer kurzen Betrachtung bedürfen noch die sogen. Urstromthäler Norddeutschlands, die grossen alten das norddeutsche Flachland durchziehenden Thalfurchen, die nach jetziger Anschauung ein Werk der Schmelzwässer beim Rückzuge des letzten Binneneises darstellen.

Schon Girard hatte erkannt, dass Norddeutschland von einer Reihe grosser, nur in einem sehr losen Zusammenhange mit den heutigen Flüssen stehender alter Thalfurchen durchzogen wird. Er unterschied bereits drei solcher Thalzüge, die später von Berendt als Glogau-Baruther, Warschau-Berliner und Thorn-Eberswalder Hauptthal bezeichnet worden sind (Thalzüge II—IV in Fig. 120). Zu diesen drei sich zwischen Berlin und Wittenberge vereinigenden und ins heutige untere Elbthal fortsetzenden Thälern fügte Berendt später noch ein viertes südlicheres, das Breslau-Hannoversche Thal (I), das Wahnschaffe als Breslau-Magdeburger Thal bezeichnet, da seine von einigen Geologen an-

genommene Fortsetzung aus der Gegend der Saalemündung ins Aller- und Weserthal noch nicht sicher erwiesen ist.

Schon Berendt hat die fraglichen oft meilenbreiten Thalzüge, die abweichend vom jetzigen Laufe der norddeutschen Flüsse nach Norden bezw. Nordwesten eine wesentlich ost-westliche Richtung haben, aus der Annahme erklärt, dass sie am jeweiligen Rande des sich allmählich immer weiter nach Norden zurückziehenden Binneneises durch dessen Schmelzwässer ausgewaschen seien; und zwar die südlichste Thalrinne zuerst, jede nördlichere später.

In neuester Zeit hat Keilhack [1]) diese Verhältnisse weiter verfolgt und unter Zufügung eines weiteren nördlichsten pommerschen Urstromthales, das er aus der Gegend von Karthaus westlich Danzig bis in die Nähe der Odermündung und von da fast bis nach Stralsund verfolgen konnte (V), den wichtigen Nachweis geführt, dass alle jene Ost-West-Thäler in inniger Beziehung zu den grossen Endmoränenzügen stehen, deren allerdings oft nur noch wenig zusammenhängende Reste auf den Rücken zwischen den grossen Thalfurchen liegen. Nach K. entstanden die fraglichen Furchen während längerer Stillstandsperioden des etappenweis zurückweichenden Landeises der letzten Eiszeit, an dessen Rande sich die Schmelzwässer oft zu gewaltigen Seen anstauten. So zu dem in der Niederung zwischen Thorn und Bromberg gelegenen, sich weit nach Polen hinein fortsetzenden Thorner Stausee; ferner zu dem sich zwischen Landsberg, Küstrin und Niederfinow ausdehnenden Küstriner, und dem grossen in der Gegend der heutigen Odermündung liegenden Haffstausee, dessen höchste Terrasse in 25 m Seehöhe liegt. Während so die grossen Ost-West-Thäler als Sammelrinnen der Schmelzwässer vor dem Eisrande gedeutet werden, erklärt man die vergleichsweise engen süd-nördlichen Thalstücke, die jene verbinden und deren bekannteste Beispiele das Oderthal unterhalb Oderberg und das Weichselthal unterhalb Fordon bilden, aus Durchbrüchen der gestauten Wässer, die bei jeder grösseren Verlegung des Eisrandes nach Norden eintraten. Diese Durchbrüche sollen sich theils rasch und gewaltsam, theils unter Benutzung schon vorhandener nord-südlicher Schmelzwasserrinnen vollzogen haben.

In aller Kürze seien endlich noch die Veränderungen berührt, die sich in der Postglacialzeit im Ostseegebiet abgespielt haben.

Wie schon oben (S. 551) bemerkt, stand die Ostsee in der Zeit

[1]) Thal- und Seebildung im Gebiete d. balt. Höhenrückens. Verh. d. Ges. Erdkunde, Berlin 1899. Derselbe, Die Stillstandslagen d. letzten Inlandeises und die hydrograph. Entwickelung d. pommerschen Küste. Jahrb. d. preuss. geol. Landesanstalt f. 1898, S. 90.



des Abschmelzens der jüngsten Binneneisdecke mit dem Eismeer in Verbindung und beherbergte eine arktische Fauna. In der darauf folgenden Postglacialzeit aber verwandelte sie sich infolge einer Hebung des Landes, die zu einer Vereinigung der dänischen Inseln mit Schweden und Jütland führte, in einen grossen Binnensee, in welchem sich eine besonders durch *Ancylus lacustris* gekennzeichnete Süsswasserfauna entwickelte [1]). Es war dies die sogen. Ancylus-Zeit. Dann trat eine Senkung ein: die Ostsee verband sich wieder mit der Nordsee und der Ancylus-See wurde zu einem Brackwasserbecken, der sogen. Litorina-See, in der sich *Lit. litorea*, *Rissoa membranacea* u. s. w. bis in den Bottnischen Busen hinein verbreiteten. Dies war die Litorina-Zeit.

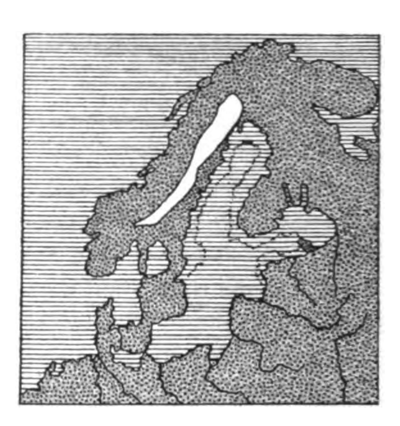



Fig. 121. Kärtchen des spätglacialen Yoldiameeres (links) und des postglacialen Ancylussees (rechts). Nach DE GEER. (Weiss: Abschmelzendes Binneneis.)

Nach ihrem Ablauf trat eine abermalige (bis in die Gegenwart fortdauernde) Hebung ein. Der Salzgehalt der Ostsee nahm wieder ab, und die *Litorina*-Fauna wurde gezwungen sich nach dem Südwesten des Beckens zurückzuziehen, wo sie noch heute lebt, während im Uebrigen ihre Stelle von der recenten, durch *Mya arenaria* gekennzeichneten *Mya*-Fauna eingenommen wurde. Diese jüngste Phase des Quartärs wird als Mya-Zeit unterschieden.

Ablagerungen der genannten Abschnitte der Postglacialzeit sind besonders aus dem südlichen Schweden bekannt. Indess sind solche des *Litorina*-Meeres auch in Mecklenburg (Doberan, Wismar) nachgewiesen, und der Ancylus-Zeit würden nach WAHNSCHAFFE die jetzt unter dem Meeresspiegel liegenden Torfschichten des Warnow- und Oderthales sowie die Süsswasserfauna von Pillau und Königsberg i. Pr. angehören.

---

[1]) MUNTHE, Studien üb. ältere Quartärablagerungen im südbalt. Gebiete. Bull. Geol. Inst. Upsala, III, 27, 1897. Vergl. auch DE GEER, Om Skandinaviens geografiska Utveckling efter istiden. Stockholm 1896.

Nach G. Anderson[1]) würden die genannten Abschnitte ganz verschiedene Floren besessen haben; und zwar wäre die Ancylus-Zeit die der vorherrschenden Birke gewesen, die wärmere Litorina-Zeit die der Eiche, die Mya-Zeit endlich die der Buche. Demnach würde die Geschichte des Ostseebeckens in der jüngsten Quartärzeit sich folgendermaassen darstellen lassen:

Post-Glacial-zeit	Mya-Zeit oder Zeit der Buche (Fichte und Erle). Herstellung der heutigen Verhältnisse. Heutige Fauna. — Neue Hebung. — Litorina-Zeit oder Zeit der Eiche. Die Ostsee verbindet sich wieder mit dem Kattegat. Brackische Fauna. — Senkung — Ancylus-Zeit oder Zeit der Birke (und Kiefer). Die Ostsee bildet einen Binnensee. Süsswasserfauna. — Hebung. —
Letzte Phase der Glacialzeit	Yoldia- oder Dryas-Zeit. Die Ostsee ist mit dem Eismeer verbunden. Arktische Fauna. — Senkung —

Auf die Veränderungen und Meeresfaunen der jüngsten Glacial- und Postglacialzeit im südlichen Norwegen, insbesondere im Kristianiagebiete haben neue wichtige Untersuchungen von Brögger[2]) Licht geworfen.

Nach ihm lag Norwegen während der letzten Interglacialzeit noch mehrere hundert Meter höher als heute; während der letzten Eiszeit aber begann eine langandauernde Senkung des Landes. Die beim Abschmelzen der letzten Eismassen entstandenen spätglacialen Yoldiathone schliessen eine rein arktische, der des heutigen Karischen Meeres entsprechende Fauna ein. Neben *Y. hyperborea* finden wir hier *Pecten islandicus*, *Arca glacialis* u. a. m.

Auch die dann folgenden, ebenfalls noch der Glacialzeit angehörenden Arca-Schichten mit *Arca glacialis* enthalten noch im Wesentlichen arktische, daneben aber in nach oben steigender Menge boreale, auf ein weniger kaltes Klima hinweisende Formen, und in den obersten Lagen treten sogar einige von Süden her zugewanderte „lusitanische" Arten auf. In dieser Zeit entstand, als die Senkung ihren höchsten Betrag erreicht hatte, das berühmte mächtige, wesentlich von der Tiefseekoralle *Lophohelia prolifera* gebildete todte Korallenriff von Droebak unweit Kristiania.

Erst kurz vor Beginn der Postglacialzeit wurde die sinkende Be-

---

[1]) Geschichte der Vegetation Schwedens. Engler, Bot. Jahrb. f. System. etc. XXII.

[2]) Om de senglaciale og postglaciale nivåforandringer i Kristianiafeltet. Norges geolog. undersögelse. Nr. 31, 1901.

wegung des Landes von einer steigenden abgelöst. Es bildeten sich die Mya- und Mytilus-Bänke mit *Mya truncata, Myt. edulis*, vielen *Buccinum*-Arten etc., in denen bereits die Hälfte der Arten aus borealen Typen besteht und die Zahl der lusitanischen sehr gewachsen ist. Auch in Jütland sind ähnliche Ablagerungen verbreitet, während im südlichen Schweden zu derselben Zeit die bekannten gehobenen Muschelschichten von Uddewalla (unweit Gothenburg) mit *Saxicava rugosa, Mya truncata, Astarte arctica* etc. entstanden.

Brögger berechnet, dass im Laufe dieser „Epiglacialperiode" die mittlere Jahrestemperatur in der genannten Gegend von —8 bis 9° auf +2° C. stieg.

Die ältesten postglacialen Ablagerungen sind die Ostreen- und Cardium-Lagen. Die Zahl der arktischen Species ist hier ebenso zurückgegangen, wie die der lusitanischen gestiegen ist.

In den dann folgenden Tapes-Bänken (mit *T. decussatus* u. a.). deren Entstehung in die Litorinazeit fällt, besteht die Hälfte der Mollusken aus lusitanischen Arten. Das Klima muss damals um etwa 2° wärmer gewesen sein als heute.

Im Ganzen umfasst nach Br. die postglaciale marine Molluskenfauna des Kristianiagebietes 255 Arten (gegen 268 jetzt dort lebende). 40 von diesen Arten sind arktische, 103 boreale, 112 lusitanische Formen; 210 leben noch heute.

Glacialbildungen Grossbritanniens und der europäischen Mittelgebirge.

Obwohl Grossbritannien in der Zeit der grössten Eisverbreitung ganz mit Eis bedeckt gewesen ist, erreichte das skandinavische Binneneis nur den äussersten Südosten des Landes, die Gegend östlich von London. Das ganze übrige England sammt Schottland und Irland bildete ein selbständiges Vereisungsgebiet. Es hatte — wie die überall nach der Küste gerichteten Glacialschrammen beweisen — seine eigene, sich vom Centrum des Landes in radialer Richtung nach dem Meere bewegende Eisdecke.

Auch die Faröer besassen, wie Helland gezeigt hat, ihre eigenen Gletscher, während die zwischen Schottland und Norwegen gelegenen Shetlandsinseln noch im Bereiche des skandinavischen Inlandeises lagen [1]).

Im Allgemeinen sind die Glacialablagerungen Englands denen Skandinaviens und des Continentes sehr ähnlich. Auch hier spielen neben

[1]) Vergl. die interessanten Kärtchen von Helland, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1879, T. 21, und de Geer, ebend. 1885, T. 13.

schichtungslosen Blocklehmen, die als Boulder clay oder Till bezeichnet werden, geschichtete Sande und Kiese eine Hauptrolle. Von ganz besonderem Interesse aber sind die unmittelbar auf dem pliocänen Crag (vergl. S. 513) aufliegenden sogen. Forest beds von Cromer in Norfolk. Nach neueren Untersuchungen [1]) bestehen diese unmittelbar von der Grundmoräne (Geschiebelehm) des ältesten Binneneises überlagerten Schichten aus einem Wechsel von Süsswasser- und Aestuar-Bildungen, die im Gegensatze zu dem sie unterlagernden Weybourn Crag mit seiner nordischen Conchylienfauna eine Fauna und Flora von warmem, südlichem Anstrich einschliessen. Die ganze Schichtenfolge gliedert sich wie folgt:

Hangendes: Boulder Clay.

Arctic freshwater bed. Thone, Lehme und Sande mit *Salix polaris*, *Betula nana*, *Hypnum turgescens*, *Succinea oblonga*, *Spermophilus* etc., also hochnordische Flora und Fauna.

Leda myalis bed. Lehmige Sande mit nordischen Mollusken: *L. myalis*, *Astarte borealis*, *Tellina baltica*, *Cardium edule* etc.

Upper freshwater bed. Lehme und Sande mit *Anodonta cygnea*, *Unio pictorum*, *Pisidium amnicum*, *Corbicula fluminalis*, *Rhinoceros etruscus*, *Trogontherium Cuvieri*, *Pinus*, *Alnus* etc., also eine viel gemässigtere Fauna und Flora.

Forest bed (estuarine). Kiese und Sande mit zahlreichen Elephantenresten (*El. meridionalis* und *antiquus*), *Rhinoc. etruscus*, *Trogonth. Cuvieri*, *Machaerodus*, *Hippopotamus*, *Equus Stenonis* und *caballus*, *Ursus spelaeus*, *Gulo borealis*, verschiedene Hirsche, Wolf, Fuchs, Marder u. s. w. Dazu *Mya truncata*, *Tellina baltica*, *Cardium edule* etc. sowie Reste von Eiche, Erle, Buche, Fichte, Tanne u. s. w.

Lower freshwater bed. Lehmige, kleine Kohlenschmitze einschliessende Bildungen mit *Trapa natans*, *Chara* etc.

Die Ansichten über die Classification dieser wichtigen Schichtenfolge gehen noch aus einander. J. Geikie zieht nicht nur das Forest bed, sondern sogar den noch älteren Weybourn und Chillesford Crag zum Quartär, indem er das erste seinem Saxonian, die letzten seinem Scanian (vergl. S. 533) gleichstellt. Cl. Reid [1]) dagegen schliesst den grössten Theil der Schichtenfolge ins Pliocän ein und lässt das Quartär erst mit dem Myalis bed beginnen. Uns will es am besten scheinen, mit H. Schröder, C. A. Weber u. A. das Forest bed als präglacial zu betrachten. Die ansehnliche Zahl von Charaktergestalten des südeuropäischen Jungpliocän (*El. merid.* und *antiqu.*, *Rhin. etr.*, *Trog. Cuvieri*, *Equ. Sten.* etc.) scheinen ebenso für ein verhältnissmässig hohes Alter der Fauna zu sprechen, wie der Höhlenbär, Vielfrass, das (seltene) Mammuth und andere bezeichnende Diluvialformen für ihre Zugehörigkeit zum Quartär.

[1]) Cl. Reid, The pliocene deposits of Britain, S. 146. Mem. geol. surv. 1890.



Im Vergleich zu der grossartigen Entfaltung in Nordeuropa und im Alpengebiet hat das Glacialphänomen in den übrigen Hochgebirgen Europas, in den Pyrenäen, Karpathen und im Balkan wie auch in den meisten Mittelgebirgen nur unbedeutende Spuren hinterlassen. Auch hier sind es überall Moränenwälle (namentlich Endmoränen) und Geschiebemergel, Glacialschliffe und -schrammen, Rundhöcker, Felsbeckenseen und Kare, die das ehemalige Vorhandensein von Gletschern oder deren grössere Ausdehnung beweisen. Besonders deutlich sind solche Beweise diluvialer Gletscherthätigkeit im Riesengebirge zu beobachten, in welchem Partsch [1]) die Spuren zweier Eiszeiten festgestellt hat, einer älteren, während welcher die Schneegrenze in 1150—1200, und einer jüngeren, in der sie in 1350 m Höhe gelegen hat. Die gesammte damals dort vergletscherte Fläche berechnet P. auf 84 qkm. In den Vogesen und im Schwarzwald giebt sich die diluviale Vergletscherung ebenfalls in unzweifelhafter Weise kund; aber auch im Harz ist sie aus den langen Moränenzügen des Oderthales, karartigen Thalanfängen („Steile Wand" westlich von Torfhaus) u. a. m. deutlich genug zu erkennen.

Auch aus anderen Gebirgsgegenden, ja zum Theil sogar von verhältnissmässig tief liegenden Punkten Mittel- und Süddeutschlands liegen Angaben über Spuren diluvialer Vereisung vor, die aber von anderer Seite in Zweifel gezogen werden.

Diluviale Bildungen der zwischen dem skandinavischen und alpinen Glacialgebiete gelegenen Zone.

Sieht man von den beschränkten eben genannten sowie vielleicht noch einigen anderen Gegenden ab, so ist das ganze übrige zwischen der grossen nordeuropäischen und der alpinen Glacialregion liegende Gebiet unvereist geblieben. Als verbreitetste Diluvialgebilde treffen wir hier überall fluviatile Schotter, Sande und Lehme und zwar besonders Löss an, während andere Absätze, wie Kalktuffe, thonige, kohlige und Höhlenablagerungen sehr zurücktreten.

Schotter. Wie schon früher (S. 540) hervorgehoben, lassen sich im ganzen nördlichen Alpenvorlande, in der Schweiz, in Oberschwaben und Bayern, drei weitausgedehnte Schotter unterscheiden: 1. der höchstgelegene und am meisten erodirte älteste sogen. Deckenschotter, 2. der tiefer liegende jüngere Hochterrassenschotter und 3. der noch tiefere

[1]) Vergletscherung d. Riesengeb. Forsch. z. deutsch. Landes- u. Volkskunde 1894. — Vergl. weiter: Derselbe, Die Gletscher d. Vorzeit in den Karpathen u. d. Mittelgebirgen Deutschlands, 1882. — Steinmann, Spuren d. letzten Eiszeit im hohen Schwarzwalde. Freiburg, Univ.-Progr. 1896. — Benecke, Bücking, Schumacher, van Werveke, Geol. Führer d. d. Elsass, 1900, S. 324 ff.

jüngste Niederterrassenschotter. Die beiden letztgenannten lassen sich bis an die grossen Endmoränen heran verfolgen und gehen zum Theil unmittelbar in sie über. Diese fluvioglacialen Schotter setzen sich andererseits ins deutsche Rheinthal fort, wo sie sowohl auf badischer als auch auf elsässischer Seite und noch weiter abwärts sehr verbreitet sind. Allerdings gilt dies nur für die beiden jüngeren Schotter, die von einem wie heute nach Norden fliessenden Rhein abgelagert wurden, während zur Zeit der Bildung des Deckenschotters der Strom über den Pass von Belfort nach Westen ins Doubsthal abgeflossen zu sein scheint [1]). Bei Basel liegt die Niederterrasse 36 m über dem Rhein, die Hochterrasse 70, die Deckenschotterplatte etwa 120 m über der Niederterrasse.

Während die Schotter im Alpenvorlande an organischen Einschlüssen arm sind, schliessen sie im deutschen Rheinthale vielfach reiche Faunen ein. So bei Hangenbieten unweit Strassburg, wo altdiluviale, von Löss überlagerte Rheinsande eine der von Mosbach ähnliche Conchylienfauna führen [2]). So weiter bei Mauer oberhalb Heidelberg, wo alte Neckarschotter *Eleph. antiquus* und *Rhinoc. etruscus* geliefert haben u. s. w.

Weitaus die wichtigste in Frage kommende Oertlichkeit aber ist Mosbach bei Biebrich a. Rh., wo sich neben zahlreichen Conchylien auch eine reiche Säugethierfauna gefunden hat.

Die Reihenfolge der Schichten ist hier von oben nach unten:

Lösslehm mit Steppenfauna (*Spermophilus, Arctomys* etc.).
Schwache Geröllage von Taunusgesteinen. Darunter discordant
Mosbacher Sand, bis 9 m mächtige, feine, von Geschiebestreifen durchsetzte Sande mit Conchylien und Säugethierresten.
Mainschotter, 0,5 m mächtig, mit zum Theil sehr grossen Blöcken von Buntsandstein u. s. w. *Unio crassus* (jetzt im Donaugebiet) und *litoralis*.
Sogen. Taunusschotter, 4—5 m mächtig, vorwiegend Taunusgesteine, daneben auch Maingesteine.
Pliocäne und miocäne Schichten des Mainzer Beckens.

Die Säugerfauna des Mosbacher Sandes ist dadurch bemerkenswerth, dass sie, wie schon Fr. Sandberger erkannt hatte, etwa zur Hälfte aus Arten des englischen Forest bed — darunter besonders *Elephas meridionalis, antiquus* und *trogontherii, Rhinoceros etruscus, Hippopotamus major, Trogontherium Cuvieri, Cervus latifrons* — besteht. Wie beim Forest bed so begründen auch hier mehrere dieser Arten (*El. merid.* und *antiqu., Rhin. etrusc.* u. a.) nahe Beziehungen zum südeuropäischen Oberpliocän. Andererseits weisen *Cervus tarandus, capreolus* u. a., *Ursus*

[1]) Man schliesst dies aus der Verschiedenheit der betr. Schotter, von denen der Deckenschotter nur aus alpinem Material, die jüngeren Schotter aber neben solchem auch aus Jura- und Schwarzwaldgeschieben bestehen. Vergl. geol. Führer d. d. Elsass, 1900.

[2]) Andreae, Abh. z. geol. Karte Els.-Lothr. IV, 2, 1884.

spelaeus, *Bison priscus*, *Castor fiber* u. s. w. mit aller Bestimmtheit auf ein diluviales Alter hin. Stellt man das Forest bed ins Präglacial, so könnte man mit SCHRÖDER, der sich schon seit längerer Zeit mit der Mosbacher Fauna beschäftigt[1]), geneigt sein dieser dieselbe Stellung anzuweisen. Indess lässt die grosse Aehnlichkeit der Mosbacher Fauna mit der von Süssenborn (S. 549), die man dem älteren Interglacial zurechnet, Vorsicht geboten erscheinen; um so mehr als die Stratigraphie uns in diesem Falle im Stich lässt, da das genauere Alter des Taunusschotters, der bald als Aequivalent der Hochterrasse, bald als ein solches des Deckenschotters betrachtet wird, ganz zweifelhaft ist.

Auch in vielen anderen grösseren und kleineren Thälern sind diluviale Schotterterrassen eine gewöhnliche Erscheinung. Sie treten oftmals in grösserer Anzahl und verschiedener Höhe auf und stellen in allen Fällen Reste älterer Thalböden dar, deren diluviales Alter sich aus den darin vorkommenden Resten vom Mammuth, Rhinoceros und anderen erloschenen Säugern beweist.

Nicht minder wichtig als die diluvialen Schotter ist der **Löss** und die ihm verwandten Lehmbildungen, die in Europa vom Kanal bis an die Pyrenäen und Alpen und nach Galizien, Ungarn und Südrussland, ja bis nach Kaukasien verbreitet sind. Namentlich in der südlichen Randzone des norddeutschen Glacialgebietes, im Königreich und der Provinz Sachsen, in Thüringen, Franken, Schwaben und anderweitig setzt der Löss ausgedehnte Landschaften von grosser Fruchtbarkeit zusammen. Seine Mächtigkeit beträgt hier selten mehr als 8—12 m, seine obere Höhengrenze selten über 300 m. Dagegen steigt er an den Abhängen des Oder- und Weichselthales bis zu 400 m Seehöhe auf, und auf der schwäbischen Alb findet sich nach KOKEN entkalkter Löss noch in 900 m Höhe. Sehr typisch ist er auch im Rhein- und Donauthale entwickelt, wo seine Mächtigkeit örtlich bis zu 30 m steigen kann.

Petrographisch ist der ächte Löss ein feinerdiger, zwischen den Fingern zerreiblicher gelblicher kalkhaltiger aber thonarmer schichtungsloser Lehm, der durch zahllose ihn durchziehende senkrechte Röhrchen eine fein poröse oder richtiger capillare Structur erhält. Sehr bezeichnend ist auch seine ausgesprochene Neigung zu verticaler Zerklüftung, die an Abhängen, in Hohlwegen u. s. w. steile Wände erzeugt. Sein Kalkgehalt giebt Veranlassung zur Bildung von Concretionen, die wegen ihrer oft sonderbaren Gestalt als Lössmännchen oder Lösspuppen bezeichnet werden.

Durch die Verwitterung wird der Kalkgehalt des Gesteins ent-

---

[1]) Vergl. Jahrbüch. d. nass. Ver. f. Naturk. Bd. 51, 1898.

zogen: der Löss verlehmt, und daraus erklärt sich, dass alle oberflächlichen Lösslager eine oft mehrere Meter mächtige Decke von entkalktem lehmartigen Löss tragen.

Eine eigenthümliche Abänderung des Lösses stellt der durch oberflächliche Humificirung dunkelgefärbte Bördelöss der Magdeburger Gegend dar. Auch die durch ihre Fruchtbarkeit berühmte Schwarzerde (Tschernosjom) Südrusslands ist ein ähnliches, nur ungewöhnlich (bis 6 m) mächtiges und humusreiches (4—16 Proc. Humus) Gebilde.

Von Conchylien kommen namentlich drei in solcher Menge und Verbreitung vor, dass sie die Rolle von Leitfossilien spielen, nämlich *Helix hispida, Succinea oblonga* und die kleine *Pupa muscorum* (**84**, 6—8). Es sind das, wie auch die grosse Mehrzahl der sonstigen selteneren Lössconchylien Landschnecken, während Süsswasserformen im ächten Löss nur ausnahmsweise anzutreffen sind. Daneben finden sich nicht selten Reste von Landsäugethieren, vor allem vom Mammuth und vom diluvialen Nashorn.

Nach der Art des Auftretens lassen sich mit den süddeutschen Geologen [1]) unterscheiden:

1. Der reine ungeschichtete kalkreiche Löss. Er ist frei von fremden Beimengungen und arm an Fossilien, von welchen nur die drei genannten gemeinsten Schnecken vorhanden zu sein pflegen, oft sogar fossilfrei. Er überzieht in nur selten 10 m übersteigender Mächtigkeit die Plateaus und flach geneigten oberen Theile der Thalgehänge und wird daher passend als Deckenlöss bezeichnet.

2. Der Gehängelöss. Er weicht vom ächten Löss ab durch seine stets mehr oder weniger deutliche, der Neigung des Gehänges entsprechende Schichtung, die durch Beimischung örtlichen dem Untergrund entstammenden Materials und wechselnde Färbungen erzeugt wird. Landschnecken und Reste von Landthieren pflegen häufig zu sein.

3. Der Sand- oder Thallöss. Ein unreiner geschichteter zahlreiche Einlagerungen von Sand und kleinen Geröllen einschliessender Löss. Er enthält oft viele Conchylien, darunter auch solche des süssen Wassers sowie Säugethierreste und ist ganz auf Thalniederungen beschränkt.

Viele Lössablagerungen ruhen auf einer Geröllunterlage, einer sogen. Schotterbasis. Wo aber der Löss aus den Thälern auf die Höhen emporsteigt, greift er vielfach über diese Basis über, so dass er unmittelbar auf älteren Gesteinen aufliegt.

Sonst wäre in Bezug auf das geologische Auftreten des Löss noch Folgendes hervorzuheben.

[1]) Vergl. Steinmann, Ueb. d. Entwickel. d. Diluviums in Südwestdeutschland, Z. d. d. g. G. 1898, S. 83.

Sehr auffällig ist einmal die einseitige Art, in der der Löss in den Thälern erscheint. Er ist nämlich sehr häufig nur an einem Thalgehänge, und zwar auf der im Schatten der herrschenden Winde liegenden, also nach West, Nordwest und Südwest gekehrten, meist zugleich flacheren Thalseite vorhanden, während die gegenüberliegende Steilseite des Thales lössfrei zu sein pflegt.

Eine andere, nicht minder bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit des Lösses besteht darin, dass er auf kurze Erstreckung in sehr verschiedener Höhe auftreten kann. So findet er sich z. B. bei Marburg hauptsächlich im Lahnthale in etwa 180 m Seehöhe. Ausserdem aber tritt er in grösserer Höhenlage als Decke diluvialer Schotter auf älteren Thalterrassen auf und endlich trifft man kleine Lösspartien auf dem Plateau noch in 330 m Meereshöhe.

Was das Alter des Lösses betrifft, so kann man als erwiesen betrachten, dass er nicht aus einer einzigen Periode stammt, sondern dass lössartige Bildungen zu sehr verschiedenen Zeiten entstanden sind. Namentlich im Rheinthal sondern sich ältere und jüngere Lösse durch zwischenliegende Schotter und Sande; in anderen Fällen ist deutlich zu beobachten, dass verschiedenaltrige Lösse durch bräunliche entkalkte Verwitterungsrinden getrennt sind.

Erscheint schon in solchen Fällen der Löss keineswegs als einheitliche Bildung, so ergiebt sich dies noch deutlicher in Nordfrankreich und Belgien, wo J. Ladrière [1]) innerhalb der weit ausgedehnten Lössdecke nicht weniger als ein Dutzend meist schon äusserlich verschiedener Zonen unterscheiden konnte, die zwar in verschiedener Höhenlage und unabhängig von einander auftreten können, die sich aber nie ersetzen und die auf grosse Entfernung unverändert bleiben.

Viele Geologen betrachten den Löss nach dem Vorgange von Penck, der zuerst darauf aufmerksam machte, dass dieses Gebilde in Norddeutschland und im Alpenvorland immer nur ausserhalb des Gebietes der letzten Vereisung auftritt, als in den Interglacialzeiten entstanden. Demgegenüber hat indess Wahnschaffe hervorgehoben, dass der norddeutsche Löss sich überall als eine der jüngsten Diluvialbildungen zu erkennen giebt, und Verfasser kann sich dem nach seinen eigenen Beobachtungen in der Provinz Sachsen und Thüringen nur anschliessen. Auch für den St. Gallener Löss hat Früh [2]) vor kurzem ein postglaciales Alter nachgewiesen.

Darnach darf man aussprechen, dass Löss und lössartige geschiebefreie Lehme unbestreitbar zu verschiedenen Zeiten der Diluvialperiode

---

[1]) Ann. d. l. soc. géol. du Nord, XVIII, 93, 205, 1890.

[2]) Vierteljahrsschr. d. naturf. Ges. Zürich, Bd. 44, 157, 1899.

gebildet worden sind, dass aber die Hauptmasse des norddeutschen Lösses und vielleicht auch desjenigen anderer Gebiete jung- oder sogar postglacialen Alters ist. Nach E. Koken[1]) wäre er gleichzeitig und zum Theil sogar etwas jünger als die Moränen der letzten Eiszeit.

Was die Frage nach der Entstehung des Lösses betrifft, so gehen die Ansichten über diese noch immer sehr auseinander. Die älteren Geologen, Lyell, Ramsay und viele Andere sahen im Rheinlöss den Absatz der beim Rückzuge der grossen diluvialen Alpengletscher entstandenen, die damaligen Thäler bis zu grosser Höhe ausfüllenden Schmelzwässer. Er sollte ein Schlämmproduct der Moränen, die zu Boden gesunkene „Gletschertrübe" darstellen. Von späteren Geologen haben namentlich Gümbel und Sandberger den Rhein- und Mainlöss immer als das Product ehemaliger Hochfluthen jener Ströme betrachtet. Aehnliche Anschauungen haben auch unter den heutigen Geologen manche Anhänger. So deuten unter Anderen Wahnschaffe und Koken den norddeutschen und andere Lösse als Absatz der ungeheuren Wassermengen, die sich beim Abschmelzen der letzten Binneneisdecke bildeten und vor deren Rand bis zu bedeutender Höhe aufstauten.

Das Fehlen von Süsswasserconchylien, die meist völlig mangelnde Schichtung, die capillare Structur sowie besonders die auf kurze Erstreckung sehr wechselnde Höhenlage des Lösses lassen indessen die erwähnte Erklärung keineswegs befriedigend erscheinen. Hätte in der That in jungdiluvialer Zeit über ausgedehnte Gebiete eine länger andauernde Wasserbedeckung bis zur Höhe der höchsten Lössvorkommen stattgefunden, so dürfte man erwarten für sie noch andere Beweise zu finden, die aber nicht vorhanden sind.

Unter diesen Umständen ist es begreiflich, dass der Löss jetzt wohl von der Mehrzahl der Geologen nicht mehr als ein wie auch immer entstandener Wasserabsatz, sondern mit v. Richthofen als äolisches Gebilde betrachtet wird, d. h. als eine durch Zusammentragung der feinsten Zersetzungstheilchen der Gesteine durch Winde entstandene Bildung. Richthofen hat diese Ansicht zuerst für den in allen wesentlichen Punkten dem europäischen ähnlichen, aber über 300 m mächtig werdenden und bis zu 2000 m Seehöhe aufsteigenden Löss Chinas aufgestellt, sie aber später auch auf die europäischen und sonstigen Lössvorkommen übertragen[2]). Nach seiner Meinung soll sich der Löss in

---

[1]) N. Jahrb. f. Min. 1900, II, 155 u. Beilagebd. XIV, 120, 1901.

[2]) v. Richthofen, China, Bd. I, 1877, S. 56, 152. — Derselbe, Verh. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 1873. — Aus der sonstigen Literatur über den Löss seien hier ausser den oben angeführten Arbeiten nur noch genannt: Tietze, Jahrb. d.

solchen Gegenden gebildet haben, wo sich wie in ausgedehnten Theilen Centralasiens infolge der grossen Trockenheit des Klimas die Verwitterungsproducte der Gesteine in ausserordentlicher Menge anhäufen, so dass sie die von allen Besuchern jener Gegenden geschilderten furchtbaren, die Sonne oft tagelang verfinsternden Staubstürme veranlassen. Wo solche Staubmassen auf nackten Felsboden niederfallen, können sie nur so lange liegen bleiben, bis sie vom nächsten Windstosse wieder emporgewirbelt werden. Anders, wo sie auf grasbewachsenen Steppenboden niederfallen und die Grashälmchen ihnen Halt verleihen. Hier sind, indem aus der niedergefallenen Staubschicht immer wieder eine neue Rasendecke hervorspriesst, alle Bedingungen zur Bildung mächtiger Ablagerungen gegeben. Nimmt man eine derartige Entstehung des Lösses an, so lässt sich seine sonst kaum erklärliche capillare Structur in einfacher Weise von den abgestorbenen Würzelchen der Steppengräser ableiten, während seine Schichtungslosigkeit, die Seltenheit der Süsswasserconchylien, aber Häufigkeit der Landschnecken und höheren Landthiere, nur eine nothwendige Folge der angenommenen Bildungsweise sind und auch seine rasch wechselnde und zum Theil auffallend bedeutende Höhenlage leicht verständlich erscheint.

Dass übrigens nicht aller Löss in genau derselben Weise entstanden ist, zeigen schon die petrographischen Unterschiede der einzelnen Lössablagerungen. An der Bildung mancher — insbesondere der Gehängelösse — mögen ausser Winden auch spülende Regenwässer erheblichen Antheil gehabt haben, während noch andere mit Schichtung begabte Vorkommen in Wasserbecken zur Ablagerung gekommen sein mögen (Richthofen's Seelöss). Ausserdem darf man nicht aus dem Auge verlieren, dass bei der grossen Lockerheit des Lösses Abschlämmungen und Wiederablagerungen an anderer Stelle sehr häufig stattgefunden haben werden. Man darf als sicher annehmen, dass ein grosser Theil der jetzigen Lössablagerungen — namentlich der Sandlösse — keine ursprünglichen Gebilde darstellen, sondern aus einer vielleicht mehrfachen Umlagerung älteren Lösses hervorgegangen sind.

Eine kräftige Stütze hat die äolische Lösstheorie bald nach ihrer Aufstellung durch die glänzenden Entdeckungen Nehring's bei Thiede (im Braunschweigischen) und Westeregeln erhalten. Es gelang nämlich Nehring, im dortigen Löss eine reiche, zum grossen Theil aus ausgesprochenen Steppenthieren zusammengesetzte Fauna aufzufinden. Neben den gewöhnlichen grossen diluvialen Pflanzenfressern, dem Mammuth und Rhinoceros, kommen hier Thiere vor, die theils wie *Rangifer tarandus*,

---

geol. Reichsanst. 1882, S. 105, und Wahnschaffe, Die Quartärbild. d. Umg. v. Magdeburg. Abh. d. preuss. geol. Landesanst. Bd. VII, S. 1, 1885.

Ovibos moschatus, Lepus glacialis u. s. w. heutzutage im hohen Norden leben, theils aber wie *Myodes torquatus* und *obensis* (der Lemming) und *Spermophilus* (der Ziesel), wie *Equus hemionus* (der Wildesel), *Antilope saiga* (die Steppenantilope), *Arctomys bobac* (das Steppenmurmelthier) und viele andere in den sibirischen Tundren heimisch sind[1]). Nachdem später ähnliche Faunen auch an zahlreichen anderen Punkten entdeckt worden sind — so von LIEBE in der Lindenthaler Höhle bei Gera, von SANDBERGER im Mainthal, von WOLDRICH bei Zuslawitz in Mähren, in der Ziegelei Bulovka bei Prag u. a. O., ferner bei Steeten a. d. Lahn, bei Mosbach (s. S. 563), bei Nussdorf unfern Wien, ja bei Châteauneuf-sur-Charente am Fuss der Pyrenäen — darf man annehmen, dass in Mitteleuropa zu Ende der letzten Glacialzeit und zu Anfang der Postglacialzeit ähnliche klimatische Verhältnisse geherrscht haben wie heutzutage in den genannten Steppengegenden. Nach neueren Untersuchungen scheint es zwar, als ob der Steppencharakter kein ganz reiner gewesen, vielmehr die Steppe hie und da von ausgedehnteren Waldungen unterbrochen gewesen sei; auf alle Fälle aber dürfte so viel erwiesen sein, dass zu jener Zeit im westlichen Europa im Allgemeinen ein kaltes trockenes, die äolische Lehmbildung begünstigendes Klima herrschte[2]). Erst später wurde dieses allmählich feuchter, so dass die Waldvegetation sich reichlicher entwickeln und eine neue, zahlreiche grosse Waldthiere aufweisende Fauna sich einfinden konnte.

WOLDRICH hat daher für das Klima und die Fauna Mitteleuropas in spätglacialer und postglacialer Zeit folgende allgemeine Entwickelungsreihe aufgestellt: 1. Tundra, 2. Steppe, 3. Weide, 4. Wald. Diese Aufeinanderfolge hat ebensowohl für den Löss Gültigkeit wie für die Ablagerungen in Höhlen, wo sie namentlich am sogen. Schweizersbilde (s. S. 571) deutlich hervortritt.

Unter den diluvialen **Kalktuff**ablagerungen sei hier als besonders wichtig nur die von Cannstatt bei Stuttgart erwähnt. Von Lehm mit *El. primigenius* unterlagert und von Löss überlagert, schliesst sie zahlreiche Reste von Mammuth, Nashorn, Hirschen und Rindern, Höhlenbär, Vielfrass, Lemming, Ziesel u. s. w. ein. Daneben enthält sie eine reiche Conchylienfauna und Blattreste von Birke, Buche, Eiche, Wallnuss u. s. w. Man weist den Cannstatter Tuff dem jüngeren Interglacial zu.

---

[1]) NEHRING, Archiv f. Anthropol. Bd. X u. XI, 1878. — Derselbe, Ueb. Tundren u. Steppen. Berlin 1890.

[2]) SANDBERGER berechnet auf Grund der Conchylienfauna die mittlere Jahrestemperatur des Mainthales in der Lösszeit auf 4,4° C., d. h. gleich dem heutigen Klima von St. Petersburg und etwa 5,5° niedriger als in der Jetztzeit.

Was schliesslich die diluvialen **Höhlen**ablagerungen betrifft, so finden sich solche in fast allen grösseren Höhlen im Kalk- und Dolomitgebirge. Der Boden solcher Hohlräume wird in der Regel von einem rothbraunen eisenhaltigen, an organischen Stoffen reichen Lehm, dem sogen. Höhlenlehm gebildet, der nach oben durch eine Kalksinterdecke abgeschlossen, oft eine Fülle der verschiedensten Knochenreste enthält. Allbekannte Beispiele derartiger Knochenhöhlen in Deutschland sind die Gailenreuther und Muggendorfer Höhle im fränkischen

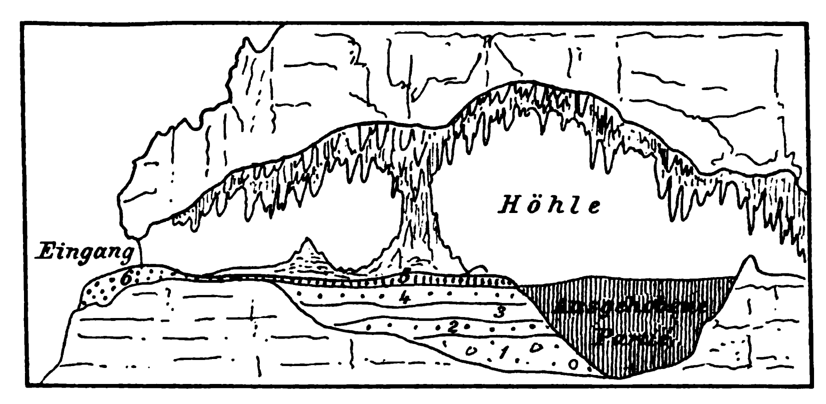


Fig. 122. Durchschnitt durch einen Theil der Gailenreuther Höhle in Franken. Nach Gümbel.
1 Kalkschutt und brauner Knochenlehm. *2* und *4* Kalksinterlage. *3* Knochenlehm. *5* Moderige Culturschicht. *6* Höhlenschutt.

Jura, die Baumanns-, Biels- und Hermannshöhle bei Rübeland im Harz, die Dechenhöhle unweit Iserlohn in Westfalen, zahlreiche Höhlen der schwäbischen Alb u. s. w. Auch in Belgien, England, Frankreich und den Mittelmeerländern sind sie im Kalkgebirge allenthalben nicht selten. Fast überall ist eines der charakteristischsten Thiere der Knochenhöhlen der Höhlenbär, *Ursus spelaeus,* von dem sich z. B. in der Gailenreuther Höhle die Reste von etwa 800 Individuen gefunden haben. Eine andere häufige Form ist die Höhlenhyäne, die namentlich in England in grosser Menge vorkommt. Ausserdem pflegen Ueberbleibsel des Höhlenlöwen, vom Mammuth, Rhinoceros, Urochs, vom Renthier und Moschusochsen, vom Riesenhirsch, Vielfrass, vom Lemming u. s. w. vorhanden zu sein. Auch das häufige Vorkommen von Resten menschlicher Kunstthätigkeit (Werkzeuge und Waffen aus Stein und Knochen u. s. w.) in solchen Ablagerungen ist von allergrösstem Interesse. Zu den merkwürdigsten überhaupt gemachten Funden der letzten Art dürfte das in der Thayinger Höhle (Kesslerloch) zwischen Constanz und Schaffhausen entdeckte, auf einem Renthierknochen eingekratzte Bild eines weidenden Renthieres und ein aus einem Stücke Renthiergeweih

geschnitztes Köpfchen eines Moschusochsen gehören, weil diese Funde in unzweideutiger Weise zeigen, dass der Mensch ein Zeitgenosse dieser Thiere gewesen ist.

Dank der ausserordentlichen Sorgfalt und Umsicht der unter Leitung von NÜESCH vorgenommenen Ausgrabungen dürfte keine andere Höhle an Wichtigkeit der am sogen. Schweizersbild bei Schaffhausen gleichkommen. Es ist hier folgende Reihe von übereinanderliegenden Schichten und Faunen festgestellt worden [1]:

1. Humusschicht, stark durchwühlt, 40—50 cm.
2. Graue Culturschicht, 40 cm. Edelhirsch, Reh, Wildschwein, Torfrind, Pferd, br. Bär, Dachs, Marder, Maulwurf; Alpenhase, Schneehuhn, Renthier (sehr selten). — Geschliffene Steinwaffen und Knochenartefakte.
3. Obere Breccie, 0—80 cm, mit wenigen kleinen Nagern und fast ohne Artefakte.
4. Gelbe Culturschicht, 30 cm. Renthier (sehr häufig), Alpenhase, Vielfrass, Eisfuchs, Steinbock; Höhlenbär, Wolf, Ur, Birk- und Auerhahn. — Keine Topfscherben, nur geschlagene Steinwaffen, Knochen- und Hornartefakte, Zeichnungen, gut erhaltene alte Feuerstätte.
5. Untere Breccie oder Nagerschicht, scharf abgegrenzt, 50 cm. *Myodes torquatus* (Lemming), Ziesel, Pfeifhase, Hamster, Wühlmäuse, Spitzmaus, Hermelin, Eisfuchs, Renthier, Schneehuhn.
6. Geröllschicht von örtlichem Charakter.

1. und 2. gehören dem Alluvium oder der neolithischen Periode an. 2. enthält eine ausgesprochene im Wesentlichen mit der heutigen übereinstimmende Waldfauna. 3. stellt den Uebergang von dieser zur Weidefauna dar. 4., 5. und 6. sind sicher paläolithisch oder diluvial; und zwar beherbergt 4. eine ebenso ausgesprochene Steppenfauna, wie 5. eine subarktische Tundrenfauna. Die schon oben erwähnte Reihenfolge: Tundren, Steppe, Weide, Wald, tritt also hier in grösster Klarheit hervor.

Aussereuropäische Diluvialbildungen.

Nordamerika [2]). Zu derselben Zeit als Nordeuropa mit Binneneis bedeckt war, trug auch Nordamerika, welches damals in seiner Gesammtheit, zumal im Norden 700—800, ja nach Manchen über 1000 m höher lag als heute, eine ungeheure Landeisdecke. Das vereiste Gebiet war hier noch erheblich grösser als in Europa, da es etwa 15 Mill. qkm

[1]) NÜESCH, Neue Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges. Bd. 35, 1896.

[2]) Um die Kenntniss der Glacialablagerungen Nordamerikas haben sich CHAMBERLIN, SALISBURY, UPHAM, SPENCER, LEVERETT u. A. verdient gemacht. Wir nennen aus der reichen Literatur nur FR. WRIGHT, The ice age in North America. New-York 1890. — CHAMBERLIN, The terminal moraine etc. 3. Ann. report of the U. St. G. Surv. 1883. — CHAMBERLIN u. SALISBURY, The driftless area. 6. ann. rep. 1885.

umfasste und sich im Osten der Vereinigten Staaten bis über den 38.° hinaus, d. h. etwa bis zur Breite von Neapel und Madrid erstreckte. Im

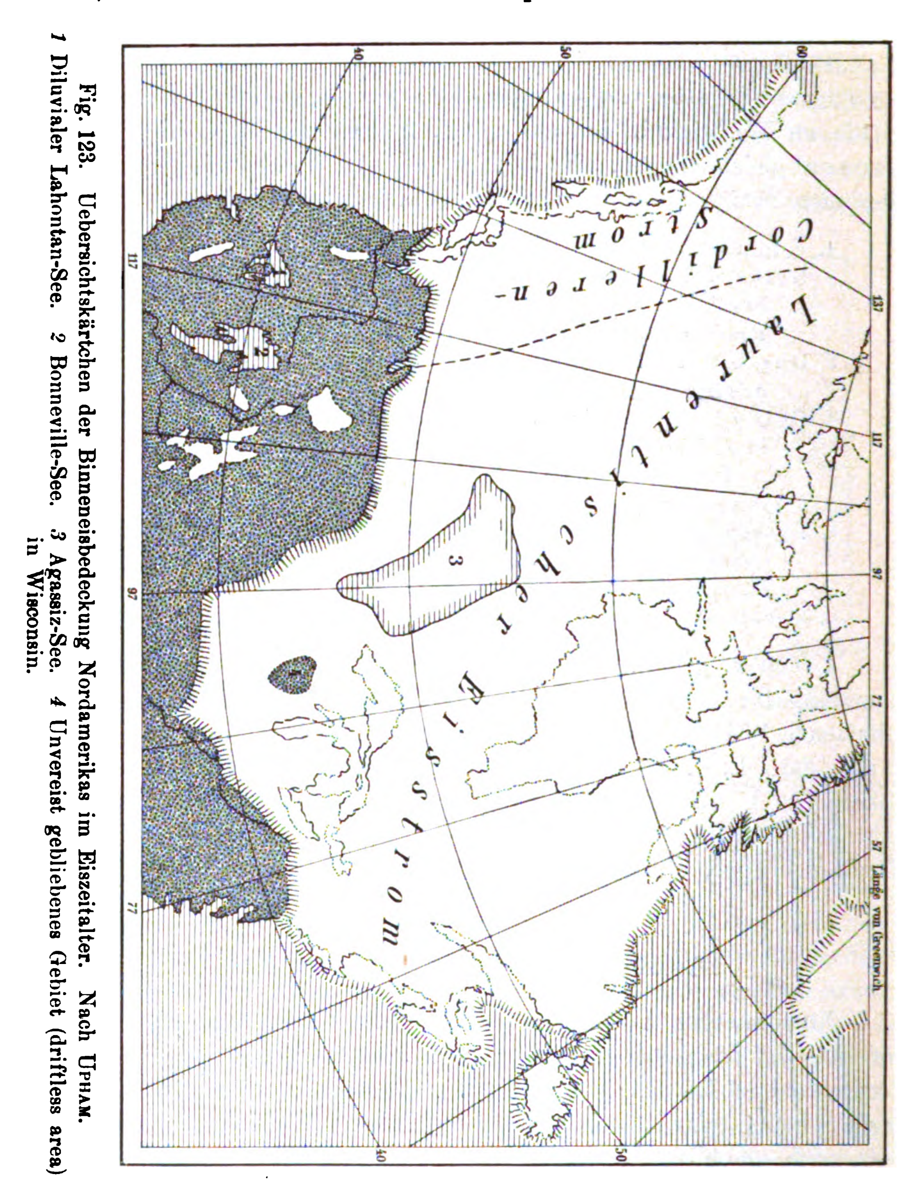


Fig. 123. Uebersichtskärtchen der Binneneisbedeckung Nordamerikas im Eiszeitalter. Nach Upham. *1* Diluvialer Lahontan-See. *2* Bonneville-See. *3* Agassiz-See. *4* Unvereist gebliebenes Gebiet (driftless area) in Wisconsin.

Westen war wie heute das Klima trockener, so dass die Eisbedeckung hier nur ungefähr bis zum 48. Breitengrad reichte.

Nach der herrschenden Richtung der Eisbewegung, die aus den Schrammen des Felsuntergrundes ersichtlich ist, und der Verbreitung der glacialen (Drift-)Ablagerungen unterscheidet man eine grosse öst-

liche oder laurentische Eisdecke, die den ganzen Raum zwischen dem Atlantischen Ocean und dem Felsengebirge einnahm und ihr Centrum im Hochlande der Halbinsel Labrador hatte, und einen westlichen oder Cordillerenstrom, der das Gebiet im Westen der Rocky Mountains bedeckte und dessen Hauptverbreitung in Britisch-Columbien lag.

Die Mächtigkeit der Eisdecke muss auch in Amerika sehr beträchtlich gewesen sein, da Berge von mehr als 1300 m Höhe (wie der Mount Mansfield in den Green Mountains) vollständig von Binneneis eingehüllt gewesen sind. Die Mächtigkeit der Driftbildungen beträgt örtlich über 50 m, bleibt aber in der Regel darunter zurück. Auch in Amerika sind Blöcke auf Entfernungen von 1500 km fortgetragen worden. So solche von gediegenem Kupfer vom Oberen See bis nach Indiana und Illinois.

Bemerkenswerth ist ein trotz seiner Lage inmitten des vergletscherten Gebietes unvereist gebliebener Landstrich, die sogen. driftless area in der oberen Mississippigegend (Fig. 124). Nach der Ansicht von Chamberlin und Salisbury soll diese Erscheinung aus den topographischen Verhältnissen zu erklären sein. Sowohl das Hochland im Norden, als auch die Thäler des Michigan- und Superiorsees lenkten die Eismassen nach links und rechts dergestalt ab, dass diese ihre Richtung auch nach Süden zu auf grössere Erstreckung beibehielten und infolge dessen das zwischenliegende Gebiet von der Vereisung unberührt blieb.

Die Beschaffenheit der nordamerikanischen Glacialablagerungen stimmt ganz mit derjenigen der nordeuropäischen und alpinen überein. Dies gilt besonders für die unmittelbaren Binneneisabsätze, die Geschiebe- oder Blocklehme (till oder boulder clay). Aber auch mannigfache fluvioglaciale Ablagerungen sowie lössartige Bildungen (die meist als fluviatil betrachtet werden) sind sehr verbreitet; die letzten besonders im Mississippigebiete.

Auch in Amerika lassen sich mehrere, durch Interglacialzeiten getrennte Vereisungen unterscheiden. Chamberlin [1]) nimmt deren drei an: eine älteste Kansas-Eiszeit, eine zweite Jowa- und eine jüngste Wisconsin-Vereisung. Diese letzte hat ungeheure, bis 100 m hoch werdende Endmoränenzüge hinterlassen, die von der atlantischen Küste bereits auf eine Erstreckung von über 2000 km bis nach Dakota und von da nach Norden auf canadischem Boden noch mehrere hundert Kilometer weiter verfolgt worden sind. Der Verlauf dieser Moränen ist hier wie in anderen Glacialgebieten von unverkennbarem Einfluss auf die Seenbildung gewesen (Fig. 124).

---

[1]) Classification of Amer. glacial deposits. Journ. Geol. Chicago III, 270, 1895.

Neben den Endmoränen finden sich wie in Europa Drumlins (besonders in Massachusetts und Wisconsin) und Kames oder Eskers (besonders in Maine).

Die mit Rückzug der letzten Inlandeisdecke beginnende Spätglacialzeit und der sich anschliessende postglaciale Abschnitt der Diluvialperiode wird von den amerikanischen Geologen als Champlain-Periode bezeichnet. Es war eine Periode starker Senkung der ganzen laurentinischen Region, die erst zu Beginn der Alluvialzeit einer Wiedererhebung des Landes Platz machte. Der ältesten (spätglacialen) Phase

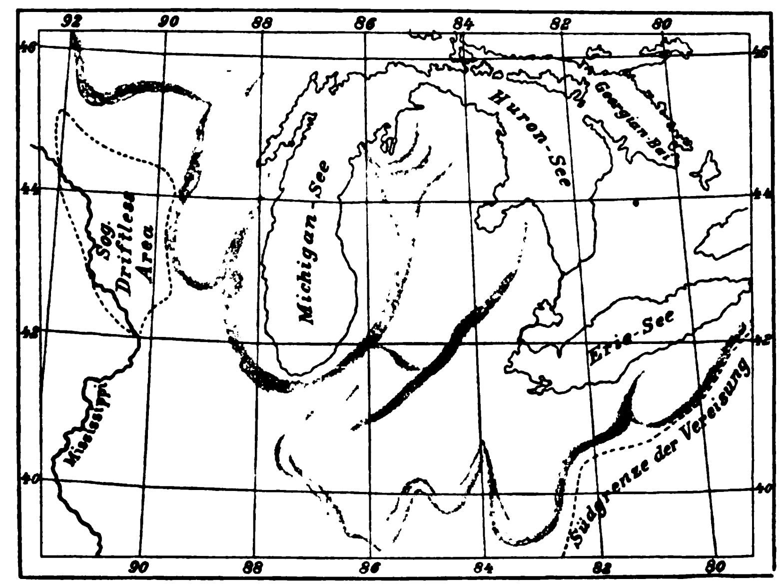


Fig. 124. Kärtchen der grossen Endmoränenzüge im Gebiete der Grossen Seen. Nach Chamberlin.

der Champlain-Periode gehören thonige Ablagerungen mit *Yoldia arctica* (84, 4) und *Tellina groenlandica* an.

In die Abschmelzzeit der letzten Vereisung fällt die Bildung von ungeheuren Seen vor dem Rande des sich zurückziehenden Eises. Der grösste dieser glacialen Stauseen, die überall hochliegende Strandterrassen hinterlassen haben, ist der von Upham beschriebene, in der Gegend des jetzigen Winnipeg-Sees gelegene Agassiz-See[1]; ein anderer, der im Gebiete des Oberen Sees liegende, sich lange Zeit durch den Mississippi nach Süden entwässernde Warrensee. Auch ausserhalb des vereisten Gebietes entstanden infolge der Feuchtigkeit des damaligen Klimas ausgedehnte Seen. So im Gebiete des Great Basin der durch die Arbeiten

[1]) Monogr. U. St. Geol. Surv. XXV, 1896.

von CL. KING, K. GILBERT und RUSSEL bekannt gewordene Lake Bonneville[1]) (der 50 000 qkm gross und 300 m tief war) und der Lake Lahontan[2]).

Ein anderer bemerkenswerther Vorgang war die Ausfüllung alter präglacialer Thäler mit Driftmaterial und die dadurch veranlasste Bildung neuer Thalwege in postglacialer Zeit. Ein bekanntes Beispiel bietet der Niagarafluss. Der alte mehr westlich gelegene Abflusskanal des Eriesees wurde während der Glacialzeit ganz mit Schutt ausgefüllt,

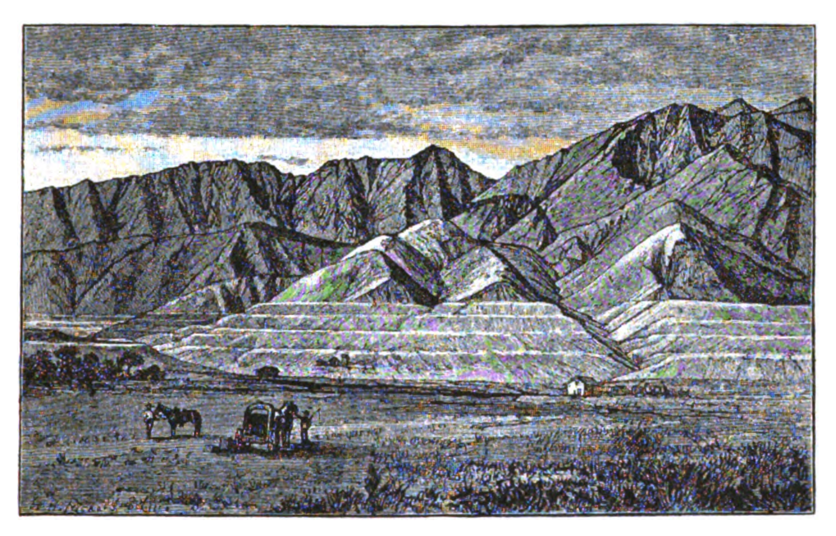


Fig. 125. Terrassen des diluvialen Bonneville-Sees unweit Salt Lake City. Nach K. GILBERT.

so dass die Seewasser gezwungen wurden sich einen neuen Abfluss zu schaffen und die heutige $6\frac{1}{2}$ Miles lange cañonartige Niagaraschlucht auszunagen.

In ähnlicher Weise ist auch das alte breite Thal des Minnesotaflusses während der Eiszeit mindestens 60 m hoch mit Schutt ausgefüllt worden. Die Wässer mussten sich daher einen neuen Weg schaffen und so entstand das jetzige enge, ganz in Fels ausgearbeitete Erosionsthal des Mississippi, welches sich seit der Eiszeit vom Fort Snelling bis zu den Fällen von St. Anthony bei Minneapolis eingeschnitten hat (Fig. 126).

In **Asien** sind in verschiedenen Hochgebirgen, namentlich im Himalaja und Tianschan Spuren einer beträchtlichen ehemaligen Vereisung nachgewiesen. Der Norden des Continents dagegen war nach

[1]) GILBERT, Monogr. U. St. Geol. Surv. I, 1890.
[2]) RUSSEL, ebend. XI, 1885.

den Beobachtungen der russischen Geologen im Gegensatz zu Nordeuropa und Nordamerika unvereist.

Eine sehr merkwürdige Diluvialbildung stellt das „fossile" oder Steineis Nordsibiriens, der Eschscholzbucht und anderer Punkte an der Küste von Alaska dar. In der genannten Bucht ist es 15—30 m mächtig, von mehreren Strandterrassen durchschnitten und von Lehm mit Mammuthresten und Süsswasserconchylien bedeckt. Auch am Malaspinagletscher in Alaska fand Russel unter altem Moränenschutt von einem diluvialen Gletscher herrührendes, aber sich nicht mehr bewegendes Eis. Am besten sind durch Baron von Toll [1]) die ähnlichen diluvialen Eismassen der neusibirischen Inseln erforscht. Die südlichste dieser Inseln besteht fast ganz aus solchem, nach der Meinung von Toll ebenfalls von eiszeitlichen Gletschern abstammendem Eis von beträchtlicher Mächtigkeit. Die das Eis bedeckenden Sand- und Lehmschichten ebenso wie die breiten es durchsetzenden lehmerfüllten Spalten enthalten eine solche Menge von Mammuthresten, dass die fragliche Insel eines der ergiebigsten Gebiete für die Elfenbeinausfuhr geworden ist.

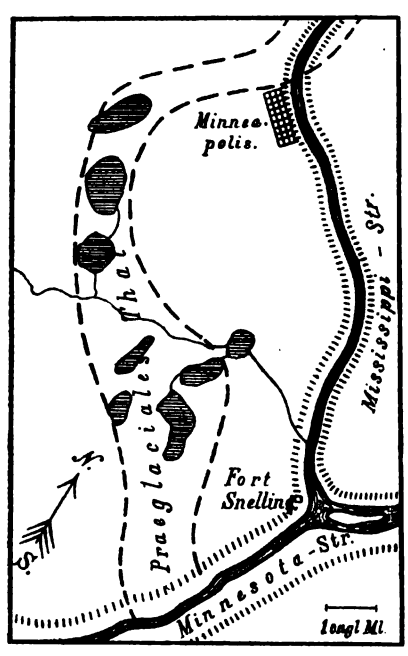


Fig. 126. Kärtchen des Mississippi- und des Minnesotaflusses bei Minneapolis. Nach Fred. Wright.

Die diluviale Thierwelt Nordasiens war wesentlich die gleiche wie die Nordeuropas. Das Mammuth, das wollhaarige Nashorn, die Rinder und Pferde des europäischen Diluviums finden sich auch in Sibirien wieder. Ebenso war das Renthier wenigstens im Osten Sibiriens sehr häufig, während der Höhlenbär dort nicht nachgewiesen ist.

Sehr interessant sind die sich im ewig gefrorenen Boden Nordsibiriens findenden, mit Haut und Haaren erhaltenen Leichen vom Mammuth, Nashorn und Bison. Nach v. Schrenck und Nehring wären diese grossen Säuger wahrscheinlich durch Schneestürme umgekommen, durch die noch heute zahlreiche Thiere ihren Tod finden.

Südliche Hemisphäre. In Südamerika ist schon durch Darwin das Vorhandensein von Driftbildungen festgestellt worden, und zwar

[1]) Mém. Acad. St. Petersb. XLII, 13, 1895.

besonders in Patagonien, im Feuerlande und in Chile. Innerhalb der Wendekreise dagegen sind bis jetzt nur durch SIEVERS aus der Sierra de Santa Marte (unter dem 11. Grad n. Br.) in Nordcolumbien und Venezuela Spuren ehemaliger Gletscher angegeben worden. Von sonstigen Diluvialbildungen Südamerikas wären noch die lössähnlichen Pampaslehme Argentiniens zu erwähnen. Sie sind seit langer Zeit berühmt als Lager der merkwürdigen von BURMEISTER beschriebenen Edentaten (*Megatherium*, *Mylodon*, *Glyptodon* etc.), Toxodontien, Nager u. s. w.

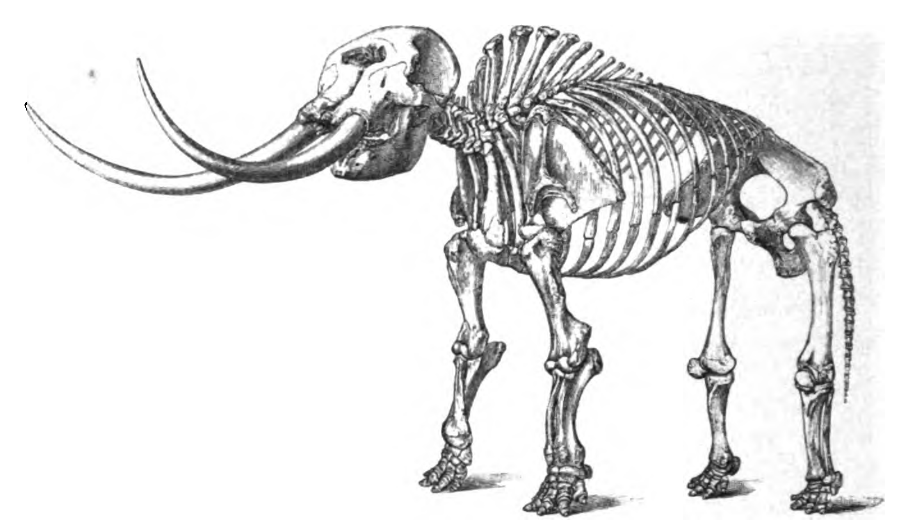
Neuseeland trug, wie schon v. HOCHSTETTER nachwies, in der Eiszeit gewaltige, viel weiter als heute hinabreichende Gletscher. Auch auf dem australischen Continente selbst (Alpen von Victoria etc.) hat man Zeichen einer diluvialen Vereisung aufgefunden.

In **Afrika** endlich sind in neuerer Zeit von GREGORY und ELLIOT an dem (unter dem Aequator gelegenen) Kenya und am Ruwenzori Spuren einer starken ehemaligen Vergletscherung entdeckt worden. Am Kibo (Kilimandjaro-Gebiet) ging nach H. MEYER in der Diluvialzeit die Eisgrenze mindestens um 600 m weiter (bis 3700 m) hinab als heutzutage.

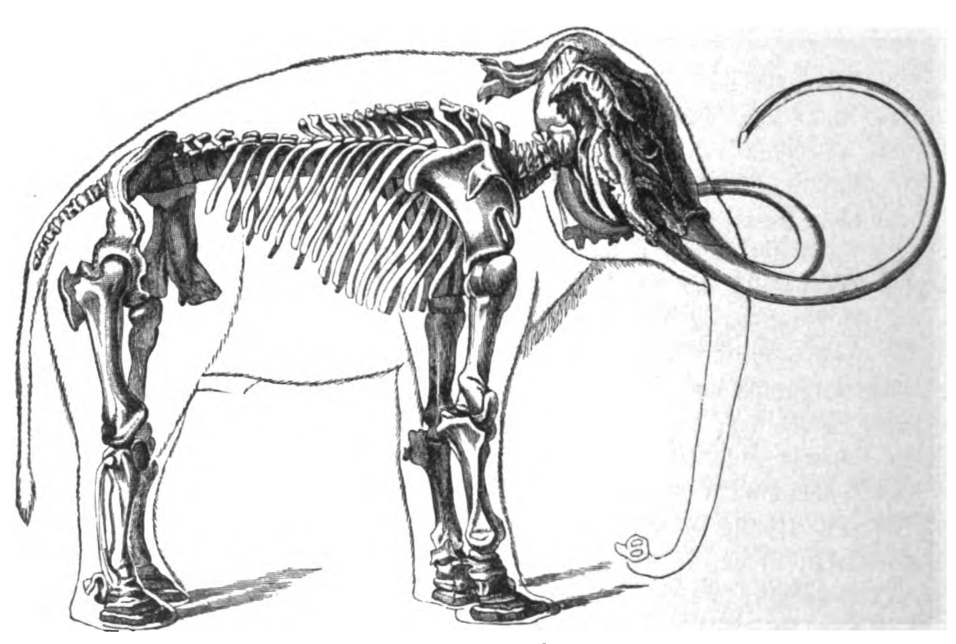
Säugethierfauna des Diluviums.

Nachdem im Obigen bereits an verschiedenen Stellen Mittheilungen über die Flora und Molluskenfauna der Diluvialzeit gemacht worden sind, erscheint es nur noch erforderlich das wichtigste Element der Diluvialfauna, die Säugethiere, zum Gegenstande einer kurzen zusammenfassenden Besprechung zu machen.

Beginnen wir mit der **alten Welt,** so sehen wir, dass hier überall eine Hauptrolle der Gattung *Elephas* zufällt. Die verbreitetste Art war *E. primigenius*, das Mammuth (85, 2), mit riesigen, nach aussen und oben gekrümmten Stosszähnen, welches, wie die im sibirischen Eisboden aufgefundenen, mit dichtem Wollhaarpelz bekleideten Cadaver gezeigt haben, ganz dem kalten Klima angepasst war. Am nächsten steht ihm der lebende indische Elephant, der indess nicht so gross wird. Das älteste bekannte Vorkommen des Mammuth ist das im Forest bed von Cromer. Häufig wird es aber erst in der jüngeren Glacial- und Postglacialzeit, in der es namentlich in Sibirien heerdenweise lebte. Neben *E. primigenius* waren in der älteren Diluvialzeit im südlichen und mittleren Europa noch zwei andere grosse Arten — beide pliocäne Nachzügler — vorhanden, nämlich *E. meridionalis* und *antiquus*. Die Backzähne der letztgenannten, von Marokko bis nach Japan verbreiteten, besonders für das ältere Interglacial bezeichnenden Art sind schmäler als die von *primigenius*, mit nicht so zahlreichen und gedrängten,



1 (ca. 1/50 n. Gr.)



2 (ca. 1/45 n. Gr.).

Taf. 85. Diluviale Säugethiere. 1. ***Mastodon americanus*** Cuv. ***(giganteus, ohioticus)***. Nach einer Restauration von O. C. Marsh. 2. ***Elephas primigenius*** Blumb. Restaurirt nach einem in der Sammlung der Petersburger Akademie befindlichen vollständigen Skelet. Sibirien.

aber breiteren Lamellen (84, 9). Eine etwa kalbgrosse Zwergrasse von *antiquus*, *E. melitensis*, lebte im Mittelmeerbecken (Sicilien, Malta). Eine weitere, nicht allgemein anerkannte, ebenfalls dem älteren Diluvium angehörige Art war *E. trogontherii;* noch andere sind aus dem Orient und Indien beschrieben worden.

Unter den Perissodactylen oder Unpaarhufern war von besonderer Wichtigkeit die Gattung Rhinoceros. Hierher gehört als Hauptart der grosse, durch verknöcherte Nasenscheidewand ausgezeichnete *Rh. antiquitatis = tichorhinus* (Fig. 127), der stete Begleiter des Mammuth und wie dieses durch ein dichtes Wollhaarkleid gegen die Kälte geschützt. Von anderen wichtigen Arten sind zu nennen der altdiluviale (auch schon

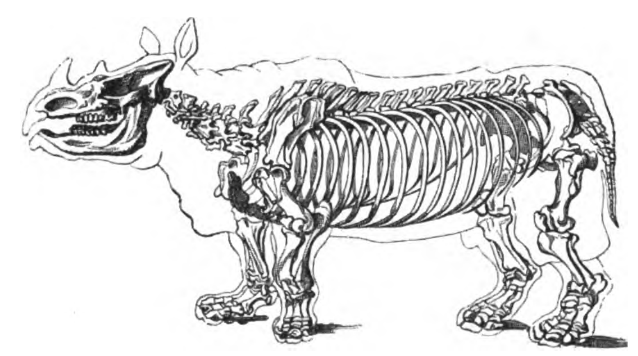


Fig. 127. *Rhinoceros antiquitatis* Blumb. = *tichorhinus* Cuv. Etwa 1/40 n. Gr.

im obersten Pliocän vorhandene) *Rh. etruscus*, der besonders in Sibirien häufige *Rh. Mercki* und der südeuropäische *leptorhinus*.

An die Nashörner schliesst sich das riesige, in Südrussland und Sibirien verbreitete *Elasmotherium* mit äusserst schwacher, wahrscheinlich ungehörnter Nasenregion, aber sehr starker Anschwellung auf der Stirn, die vermuthlich ein gewaltiges Horn trug. Unter den Hippopotamen war in der älteren Diluvialzeit in südlicheren Gegenden *Hippopotamus major*, eine vom lebenden *H. amphibius* kaum zu trennende Form, eine nicht seltene Erscheinung. Sehr verbreitet war ferner das Wildpferd, *Equus fossilis*, in zwei Rassen, einer sogen. occidentalen oder kaltblütigen und einer orientalen, breitstirnigen. Im südlichen Russland hat auch die sonst auf das Tertiär beschränkte Gattung *Hipparion* bis ins Quartär fortgelebt.

Unter den Paarhufern spielten in der Diluvialzeit die Wiederkäuer eine grosse Rolle. Von Hirschen ist an erster Stelle der gigantische, mit damhirschartigem Geweih versehene irische Riesenhirsch, *Cervus (Megaceros) giganteus (= hibernicus = euryceros)* (Fig. 128) zu nennen, der besonders in den irischen Torfmooren häufig ist, aber ver-

einzelt fast über ganz Europa verbreitet war. Von anderen Arten wären zu erwähnen *C. alces,* das Elenthier oder der Elch[1]), und *C. elaphus,* der Edelhirsch; sodann als eines der verbreitetsten Diluvialthiere das Ren mit den beiden Arten *C. (Rangifer) tarandus* — auch in Ostsibirien häufig — und *groenlandicus* — der letzte in den Rixdorfer Sanden[2]).

Von Antilopen bewohnte die Gemse in der Diluvialzeit auch die Niederungen. Eine weit verbreitete Art war ferner *A. saiga*, die heutzutage in den centralasiatischen Steppen lebt. Reste von Schaf



Fig. 128. *Cervus giganteus* Blumb. Etwa 1/40 n. Gr.

und Ziege sind im Diluvium verhältnissmässig selten. Von Ziegen ist besonders interessant der Steinbock, *Capra ibex,* weil er damals gleich der Gemse im Tieflande heimisch war. Als eine dem Schafe verwandte Form ist der jetzt nur im hohen Norden Nordamerikas vorkommende, damals aber von England über Russland und Sibirien bis nach den Vereinigten Staaten verbreitete Moschusochs, *Ovibos moschatus* zu nennen.

Von Rindern waren wichtig *Bos primigenius* (Fig. 129), der

[1]) Ein altdiluvialer Vorläufer war *C. (Alces) latifrons* (Forest bed v. Cromer).

[2]) In Caithness in Schottland hat sich *C. tarandus* vermuthlich bis ins 12. Jahrhundert lebend erhalten (Geol. Mag. 1898, 334).

Urstier, Ur oder (der eigentliche) Auerochs, dessen letzte Nachkommen in englischen Wildparks leben, und *Bos (Bison) priscus* (Fig. 130),



Fig. 129. ***Bos primigenius*** Cuv. Etwa 1/30 n. Gr.

der ausgestorbene Wisent (fälschlich ebenfalls Auerochs genannt), dessen Nachkomme, *B. europaeus,* im Forst von Bialowicza in Lithauen gehegt

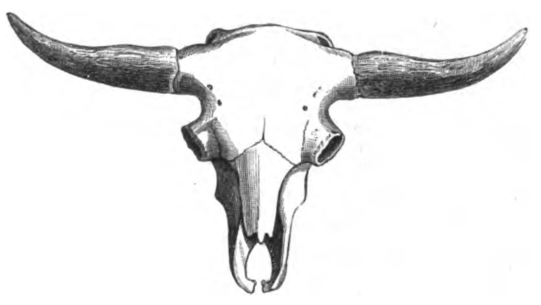


Fig. 130. ***Bison priscus*** Boj. Etwa 1/15 n. Gr.

wird. Seltener war ein zumal in Nordeuropa sich findender Büffel, *Bos (Bubalus) Pallasi.*

Unter den Raubthieren finden wir in *Felis spelaea* eine dem heutigen afrikanischen Löwen ähnliche oder vielleicht identische Katze, ferner einen den tertiären Arten nahestehenden Säbeltiger, *Machaerodus leoninus.* Ein sehr verbreitetes Thier war zumal in Italien, Frankreich und England, seltener in Deutschland die Höhlenhyäne, *Hyaena spelaea,* wahrscheinlich identisch mit der südafrikanischen *H. crocuta.* Von Hunden wären namentlich der Wolf (*C. lupus*) und der Eisfuchs (*C. lagopus*) als im Diluvium nicht seltene Erscheinungen zu nennen. Eines der bezeichnendsten und verbreitetsten Diluvialthiere aber, besonders auch in deutschen Höhlen ist der Höhlenbär, *Ursus spelaeus* (**84**, 11),

die grösste Art des Geschlechtes, die je gelebt hat, von den jetzigen Species durch steiler abfallende Stirn und Fehlen der Prämolaren beim erwachsenen Thiere abweichend. Von kleineren Raubthieren endlich wären Marder, Dachs, Wiesel, Hermelin u. a., von nordischen Formen der damals bis nach Dalmatien und der Riviera verbreitete Vielfrass (*Gulo borealis*) zu nennen.

Eine grosse Rolle spielen in der diluvialen Säugethierfauna die Nager. Neben einer Reihe von nördlichen und nordischen Formen wie der Schneehase (*Lepus variabilis*) treten in der jüngeren Glacial- und Postglacialzeit namentlich die früher (S. 536, 569 etc.) erwähnten Steppenthiere hervor; so der Lemming (*Myodes torquatus* und *lemmus*), der Ziesel *(Spermophilus)*, der Pferdespringer *(Alactaga)*, der Pfeifhase *(Lagomys)*, das Murmelthier *(Arctomys)* u. s. w. Eine ansehnliche Verbreitung besass auch der erst in geschichtlicher Zeit verdrängte Biber.

In **Nordamerika** war, wie schon früher hervorgehoben, unsere wichtigste Diluvialform, das Mammuth, nur im westlichsten Theile der Vereinigten Staaten vorhanden, während im Süden ein anderer Elephant, *Elephas americanus* lebte. Eine der bezeichnendsten Formen des nordamerikanischen Diluviums, das „amerikanische Mammuth“, gehört nicht der Gattung *Elephas,* sondern dem in Westeuropa nicht über das Tertiär hinausgehenden Geschlechte *Mastodon* an. Es ist das der gewaltige *M. americanus* oder *giganteus* (85, 1). In ähnlicher Weise wie *Mastodon* hat sich abweichend von Westeuropa in Amerika auch die Gattung *Hipparion* bis in die Diluvialzeit erhalten, in welcher sie gleichzeitig mit dem Pferde lebte. Doch ist dieses letzte später in Amerika ganz ausgestorben und erst von den Europäern wieder eingeführt worden. Der nordamerikanische *Bison americanus* war nahe verwandt mit dem europäisch-sibirischen *B. priscus.* Eine weitere Eigenthümlichkeit des nordamerikanischen Diluviums waren grosse, aus Südamerika eingewanderte Edentaten (*Megatherium* in Südcarolina, *Megalonyx* u. s. w.).

Die diluviale Säugethierfauna **Südamerikas** erhält ihren eigenthümlichen Stempel in erster Linie durch zahlreiche zum Theil riesige Edentaten, Vorfahren der für dies Gebiet noch heute so bezeichnenden Faulthiere, Gürtelthiere und Ameisenbären. Burmeister und später Copf, Ameghino u. A. haben eine ganze Reihe solcher zum Theil sehr abenteuerlich gestalteter ausgestorbener Formen aus den Pampaslehmen Argentiniens beschrieben. Zu den bekanntesten gehört *Megatherium,* das Riesenfaulthier, von Elephantengrösse, sehr plumpem Körperbau, mit niedrigem cylindrischem Schädel, ausserordentlich massigen Extremi-

täten und langem schwerem Schwanz. Eine verwandte kleinere, noch plumper gebaute Gattung war *Mylodon* (Fig. 131).

Eine andere sehr merkwürdige Form war das gewaltige *Glyptodon*



Fig. 131. ***Mylodon robustus*** Owen. Argentinische Pampasbildungen (etwa $^1/_{30}$ n. Gr.).

mit einem schildkrötenartigen, aus zahlreichen dicken polygonalen Knochenplatten bestehenden Rückenpanzer. Nahe verwandt war die Gattung

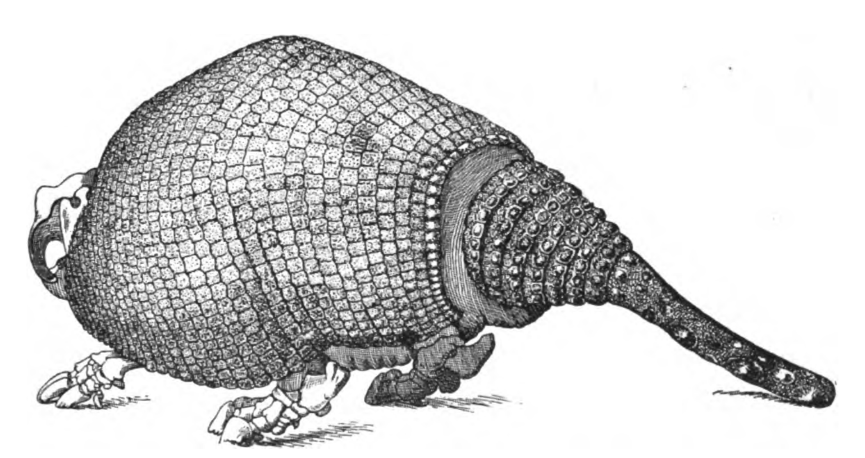


Fig. 132. ***Panochthus tuberculatus*** Owen. Ebendaher (etwa $^1/_{20}$ n. Gr.)

Panochthus (Fig. 132) mit 4—5 seitlichen Panzerplatten und gepanzertem Schwanze.

Von anderen bezeichnenden Gestalten der Jetztzeit waren in Südamerika in der Diluvialzeit bereits vorhanden das Lama, der Tapir und

das Meerschweinchen. Auch in Südamerika hat sich die Gattung *Mastodon* (*superbus*) bis in die Diluvialzeit hinein erhalten; ebenso das Pferd, das dort erst spät ausstarb, um in historischer Zeit wieder eingeführt zu werden.

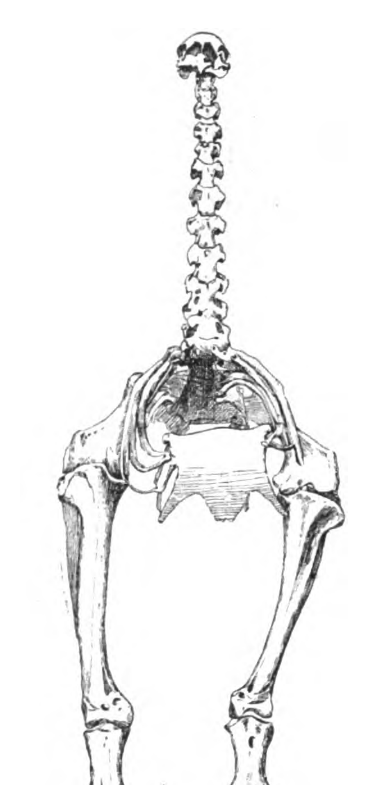


Fig. 133. *Palapteryx elephantopus* OWEN. Neuseeland. Etwa 1/30 n. Gr.

In **Australien** lebten in diluvialer Zeit von den für dieses Gebiet jetzt so bezeichnenden Beutelthieren Formen, die alle heutigen bedeutend an Grösse übertreffen. So der löwengrosse *Thylacoleo*, die Gattung *Diprotodon* u. s. w. Auch die merkwürdigen australischen Monotremen besassen erheblich grössere Vorläufer; so das heutige Schnabelthier in *Echidna Ramsayi*. Ganz dasselbe wiederholt sich bei den Vögeln, unter denen als Stammeltern der heutigen flügellosen Ratiten (Emu [*Dromaeus*] und Kiwi [*Apteryx*]) schon damals ähnliche, aber riesengrosse Gestalten, wie vor allem die neuseeländische Moa (*Dinornis*, *Palapteryx*), eine grosse Rolle spielten.

So erkennen wir überall einen mehr oder weniger innigen Zusammenhang der diluvialen Fauna mit der heutigen, oder mit anderen Worten, die heutigen thiergeographischen Verhältnisse waren im Wesentlichen schon damals vorgebildet.

II. Alluvium.

Das Alluvium stellt den jüngsten Zeitabschnitt der Quartärformation dar, der sich unmittelbar in die Gegenwart fortsetzend die Gesammtheit derjenigen geologischen Ablagerungen umfasst, seit deren Bildung keine merklichen Aenderungen mehr im Klima, im allgemeinen Wasserstande des Meeres und der Flüsse und in der Beschaffenheit der Fauna und Flora eingetreten sind.

Hierher gehören die Geröll-, Kies-, Sand- und Lehmanschwemmungen in der Tiefe der Thäler, die Deltas und Schuttkegel, die grosse Masse der Torf-, Raseneisenstein- und Kalksinterabsätze, die verschieden-

artigen Strand-, Dünen- und Marschbildungen, die Guanoanhäufungen, Korallenbauten u. dergl. m. In paläontologischer Beziehung lässt die Flora und Fauna der Alluvialablagerungen keine nennenswerthen Unterschiede von der jetzt in denselben Gegenden lebenden Pflanzen- und Thierwelt erkennen. Indess lebten in der älteren Alluvialepoche bei uns noch eine Reihe seitdem ausgerotteter oder verdrängter Thiere, wie Elen, Wisent, Biber, Torfschwein u. s. w. Von der diluvialen unterscheidet sich die alluviale Fauna besonders durch das Fehlen einer ganzen Anzahl von Thieren, die entweder wie das Mammuth, das diluviale Nashorn, der Höhlenbär, Höhlenlöwe, die Höhlenhyäne u. a. ganz erloschen sind oder wie das Renthier, der Moschusochs, der Steinbock, das Murmelthier u. s. w. sich nach dem hohen Norden oder in die höheren Theile der Hochgebirge zurückgezogen haben.

Die sich im älteren Alluvium findenden Reste menschlicher Kunstthätigkeit zeigen im Vergleich mit den ähnlichen, aus rohen Steinwerkzeugen bestehenden diluvialen Resten einen erheblichen Fortschritt in der Feinheit der Bearbeitung und werden im Unterschiede von den paläolithischen Funden als neolithisch oder der jüngeren Steinzeit angehörig bezeichnet.

Diesem neolithischen Zeitalter des prähistorischen Menschen, dem die bekannten Pfahlbauten entstammen, folgte die sogen. Metallzeit, in welcher der Mensch bereits die Darstellung und Verwendung der Metalle erlernt hatte, aus welcher daher neben Waffen und Werkzeugen von Stein, Knochen oder Holz auch solche von Metall vorliegen. Innerhalb der Metallzeit wird gewöhnlich wieder eine ältere Bronze- und eine jüngere Eisenzeit unterschieden.

Register[1].

A.

[1]) Die den Seitenzahlen beigefügten Sternchen bedeuten, dass die Form an der betreffenden Stelle abgebildet ist.

B.



E.

F.

G.

I.

J.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

X.

Y.

Z.

Zusätze und Berichtigungen.

S. 135. Neue Beobachtungen A. DENCKMANN's in Westfalen machen es sehr wahrscheinlich, dass der Horizont mit *Prolecanites lunulicosta* etc. an der Basis der Intumescens-Schichten liegt.

S. 145, Z. 17 von unten. Statt *Strophomena laticosta* lies: *Tropidoleptus carinatus.*

S. 211, Erklärung zu Fig. 3. Statt *Streptorhynchus* lies: *Orthothetes crenistria.*

S. 212, Erklärung zu Fig. 8. Statt *Worthani* lies *Wortheni.*

S. 283, zum Röth.

Steinsalzpseudomorphosen auf den Schichtflächen des Röth sind in ganz Deutschland eine häufige Erscheinung. Viel seltener sind Salzlager, wie sie namentlich im Norden des Harzes bei Aschersleben, Schöningen, Harzburg (Bad Juliushall), Salzgitter u. s. w bekannt sind. Gewöhnlich ist das Salz Steinsalz; doch kommen in dessen Begleitung mitunter auch Kalisalze (besonders Sylvin) vor, wie nachstehendes, dem Verf. durch die Güte des Herrn A. DENCKMANN zugegangenes Profil lehrt.

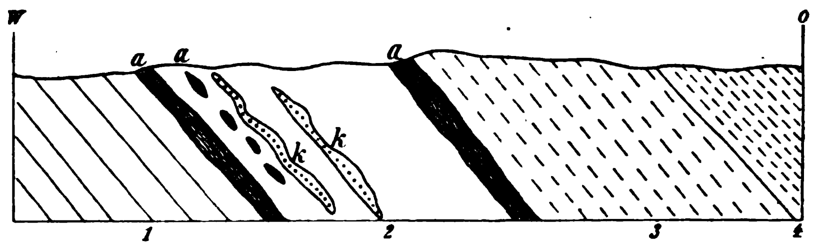


Fig. 134. Profil durch den „Schlüssel" bei Salzgitter.
1 Quarzite des Röth mit *Myophoria costata.* *2* Steinsalz. *3* Rothe Letten mit *My. costata.* *4* Muschelkalk. *a* Anhydritschiefer. *k* Kalisalz.

S. 321, Z. 5 von oben. Statt unter ihnen lies: unter ihm.

S. 363, Columne „Frankreich". Statt Bajeux- lies: Bayeux-Gruppe.

S. 404, Z. 21 von unten. Statt *Placuna* lies: *Plicatula plicata* und *placunea.*

S. 407, Z. 10 von oben. Vor *Deshayesi* ist einzuschalten: *Hoplites.*

